

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Srubová konstrukce rodinného domu

The log-structure of the family house

Student:

Bc. Jakub Chmelář

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Chmelář**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb
Téma: **Srubová konstrukce rodinného domu**
The log-structure of the family house
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Rešerše historických a současných konstrukčních systému srubových konstrukcí.
- 2) Dispoziční řešení navrhovaného objektu.
- 3) Návrh a posouzení vybraných rozhodujících nosných prvků a spojů v mezním stavu únosnosti i použitelnosti.
- 4) Návrh a posouzení vybraných nosných prvků z hlediska požární odolnosti.

Seznam doporučené odborné literatury:

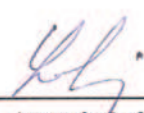
- 1) ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) ČSN EN 1995-1-2: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru.
- 3) ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 4) ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- 5) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle EUROKODU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály.
- 6) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle EUROKODU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.**

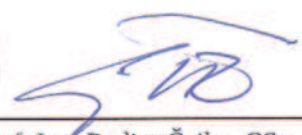
Datum zadání: 29.02.2016

Datum odevzdání: 30.11.2016



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.-autorský zákon, zejména § 35-užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60-školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, se s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít své dílo-diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Anotace

Cílem této práce je navržení a posouzení srubové konstrukce rodinného domu. Součástí práce je výpočet veškerých druhů zatížení, která na konstrukci srubu působí. Návrhy a posudky se týkají vybraných konstrukčních prvků, kterými jsou prvky krovu a stropu nad 1.NP, těmito prvky jsou krokve, vaznice, sloupky, kleštiny, pásky, vazné a stropní trámy. Vzhledem k výšce srubových stěn se tyto stěny staticky posuzovat nemusí. Navrženy a posouzeny jsou také vybrané spoje v konstrukci krovu.

Annotation

The aim of this work is design and assess the log-structure of the family house. This work includes calculation off all types of loads acting on the structure of the house. The work includes of selected structural elements, which are elements of the roof an the ceiling above the first floor, these elements are rafters, purlins, columns, collar ties, longitudinal strut, tie beams and ceiling beams. Due to the height of log walls, this walls aren't statically assessed. Selected connections of the truss construction are designed and assessed too.

Klíčová slova

krokev, vaznice, sloupek, kleština, pásek, vazný trám, stropní trám, srubová konstrukce

Key words

rafter, purlin, column, collar ties, longitudinal strut, tie beam, ceiling beam, log-structure

Obsah

1	Historické a současné konstrukční systémy srubových konstrukcí.....	9
1.1	Roubená konstrukce	9
1.2	Historie	9
2	Dispoziční řešení.....	12
3	Zatížení	15
3.1	Klimatická zatížení	15
3.2	Užitná zatížení	22
3.3	Stálá zatížení	23
4	Návrh a posudek	25
4.1	Popis návrhu a posudku.....	25
5	Mezní stav únosnosti - trvalá a dočasná návrhová situace.....	31
5.1	Kleština.....	31
5.2	Krokev	39
5.3	Pásek.....	70
5.4	Sloupek.....	75
5.5	Vaznice	83
5.6	Sloup.....	116
5.7	Stropní trám.....	122
5.8	Nadpražní překladová kláda nad průchozím otvorem.....	150
5.9	Svorníkové spoje.....	160
5.10	Čepové spoje.....	172
5.11	Přeplátování	197
6	Mezní stav použitelnosti - trvalá a dočasná návrhová situace	201
6.1	Krokev	201
6.2	Vaznice	205
6.3	Stropní trám.....	213
6.4	Nadpražní překladová kláda.....	218
7	Mezní stav únosnosti - mimořádná návrhová situace – požár	221
7.1	Požární riziko	221
7.2	Účinná hloubka zuhelnatění.....	223

7.3	Kleština.....	224
7.4	Pásek.....	235
7.5	Sloup.....	242
8	Závěr.....	250
9	Přílohy	252
9.1	Příloha 1 – použité spojovací prostředky	252
9.2	Příloha 2 – 3D vizualizace	253
9.3	Příloha 3 – zatěžovací stavy	259
9.4	Příloha 4 – skladby konstrukcí	260
10	Seznam použité literatury	265

Symbole použité v diplomové práci

Velká písmena latinské abecedy

A	plocha průřezu	$[\text{mm}^2]$
$A_{y,\text{oddělená}}$	plocha průřezu nad těžišťovou osou y	$[\text{mm}^2]$
$A_{y,\text{oddělená,fi}}$	plocha průřezu nad těžišťovou osou y za požáru	$[\text{mm}^2]$
$A_{z,\text{oddělená}}$	plocha průřezu vpravo od těžišťové osy z	$[\text{mm}^2]$
$A_{z,\text{oddělená,fi}}$	plocha průřezu vpravo od těžišťové osy z za požáru	$[\text{mm}^2]$
C_e	součinitel expozice pro zatížení sněhem	$[-]$
C_t	tepelný součinitel pro zatížení sněhem	$[-]$
$E_{0,05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti	$[\text{MPa}]$
$F_{v,Rk}$	charakteristická únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku	$[\text{N}];$ $[\text{kN}]$
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku	$[\text{N}];$ $[\text{kN}]$
$F_{\text{vertikální},d}$	návrhová vertikální síla působící v čepových spojích pásek x sloupek a pásek x vaznice	$[\text{kN}]$
$F_{\text{horizontální},d}$	návrhová horizontální síla působící v čepových spojích pásek x sloupek a pásek x vaznice	$[\text{kN}]$
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y	$[\text{mm}^4]$
$I_{y,fi}$	moment setrvačnosti průřezu k ose y za požáru	$[\text{mm}^4]$
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z	$[\text{mm}^4]$
$I_{z,fi}$	moment setrvačnosti průřezu k ose z za požáru	$[\text{mm}^4]$
L	rozpětí	$[\text{mm}]$
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka k ose y	$[\text{mm}]$
$L_{cr,y,fi}$	vzpěrná délka k ose y za požáru	$[\text{mm}]$
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka k ose z	$[\text{mm}]$
$L_{cr,z,fi}$	vzpěrná délka k ose z za požáru	$[\text{mm}]$
$M_{x,Ed}$	návrhový maximální krouticí moment	$[\text{kNm}]$
$M_{y,Ed}$	návrhový maximální ohybový moment k ose y	$[\text{kNm}]$
$M_{z,Ed}$	návrhový maximální ohybový moment k ose z	$[\text{kNm}]$

$M_{y,příslušný,d}$	návrhový příslušný ohybový moment k ose y	[kNm]
$M_{z,příslušný,d}$	návrhový příslušný ohybový moment k ose z	[kNm]
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku	[Nmm]
N_{Ed}	návrhová maximální normálová síla	[kN]
$N_{Ed,fi}$	návrhová maximální normálová síla za požáru	[kN]
$N_{příslušná,d}$	návrhová příslušná normálová síla	[kN]
$Q_{k,i}$	charakteristická hodnota vedlejšího i-tého proměnného zatížení	[kN/m ²]
$Q_{1,k}$	charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení, 1	[kN/m ²]
$R_{výslednice}$	síla namáhající spojovací prostředek ve svorníkovém spoji	[kN]
R_{Ed}	návrhová hodnota reakce v podpoře stropního trámu	[kN]
S	plocha půdorysného průmětu střešních rovin nebo celková plocha požárního úseku	[m ²]
S_i	plocha i-té části požárního úseku	[m ²]
S_m	převládající velikost půdorysných ploch místností nebo prostorů v požárním úseku (při výpočtu součinitele b)	[m ²]
S_o	celková plocha otvorů v obvodových a střešních konstrukcích v požárním úseku	[m ²]
$S_{o,i}$	plocha i-tého otvoru v obvodových a střešních konstrukcích v požárním úseku	[m ²]
S_y	statický moment oddělené části průřezu k těžišťové ose y	[mm ³]
$S_{y,fi}$	statický moment oddělené části průřezu k těžišťové ose y za požáru	[mm ³]
S_z	statický moment oddělené části průřezu k těžišťové ose z	[mm ³]
S_z	statický moment oddělené části průřezu k těžišťové ose z za požáru	[mm ³]
$V_{y,Ed}$	návrhová maximální posouvající síla rovnoběžně s osou y	[kN]
$V_{y,fi,Ed}$	návrhová maximální posouvající síla rovnoběžně s osou y za požáru	[kN]
$V_{z,Ed}$	návrhová maximální posouvající síla rovnoběžně s osou z	[kN]
$V_{z,fi,Ed}$	návrhová maximální posouvající síla rovnoběžně s osou z za požáru	[kN]

$V_{y,příslušná,d}$	návrhová příslušná posouvající síla rovnoběžně s osou y	[kN]
$V_{z,příslušná,d}$	návrhová příslušná posouvající síla rovnoběžně s osou z	[kN]
W_y	modul průřezu k ose y	[mm ³]
W_z	modul průřezu k ose z	[mm ³]

Malá písmena latinské abecedy

a	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek	[-]
a_n	součinitel a pro nahodilé požární zatížení	[-]
a_s	součinitel a pro stálé požární zatížení	[-]
$a_{3,c}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým koncem	[mm]
$a_{3,t}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým koncem	[mm]
$a_{4,c}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým okrajem	[mm]
$a_{4,t}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým okrajem	[mm]
b	šířka průřezu v posuzovaném místě	[mm]
b	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních geometrických podmínek	[mm]
c	součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení nebo opatření	[-]
c_{dir}	součinitel směru	[-]
c_e	součinitel expozice pro zatížení větrem	[-]
c_{season}	součinitel ročního období	[-]
c_o	součinitel ortografie	[-]
c_r	součinitel drsnosti	[-]
$c_{pe,10}$	součinitel vnějšího tlaku pro plochy větší než 10 m ²	[-]
c_{pi}	součinitel vnitřního tlaku	[-]
d	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru) nebo průměr spojovacího prostředku	[m]

d_{ef}	účinná hloubka zuhelnatění	[mm]
d_0	tloušťka vrstvy s předpokládanou nulovou pevností a tuhostí	[mm]
e	vzdálenost od okraje	[mm]
e_y	excentricita normálové síly k ose y	[mm]
e_z	excentricita normálové síly k ose z	[mm]
$f_{h,k}$	charakteristická pevnost dřeva v otláčení	[MPa]
$f_{h,0,k}$	charakteristická pevnost dřeva v otláčení rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$f_{c,90,k}$	charakteristická pevnost dřeva v tlaku kolmo k vláknům	[MPa]
$f_{m,k}$	charakteristická pevnost dřeva v ohybu	[MPa]
$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$f_{t,90,k}$	charakteristická pevnost dřeva v tahu kolmo k vláknům	[MPa]
$f_{u,k}$	charakteristická pevnost v tahu oceli	[MPa]
$f_{v,k}$	charakteristická pevnost dřeva ve smyku	[MPa]
$f_{c,0,d}$	návrhová pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$f_{c,90,d}$	návrhová pevnost dřeva v tlaku kolmo k vláknům	[MPa]
$f_{m,d}$	návrhová pevnost dřeva v ohybu	[MPa]
$f_{m,y,d}$	návrhová pevnost dřeva v ohybu k hlavní ose y	[MPa]
$f_{m,z,d}$	návrhová pevnost dřeva v ohybu k hlavní ose z	[MPa]
$f_{t,0,d}$	návrhová pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$f_{t,90,d}$	návrhová pevnost dřeva v tahu kolmo k vláknům	[MPa]
$f_{v,d}$	návrhová pevnost dřeva ve smyku	[MPa]
h	výška objektu nebo výška průřezu	[mm]
h_o	průměrná výška otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku	[m]
$h_{o,i}$	výška i-tého otvoru v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku	[m]
h_s	průměrná světlá výška prostorů (místností) v požárním úseku	[m]
$h_{s,i}$	světlá výška části prostoru (místnosti) v požárním úseku	[m]
h_{ef}	účinná výška průřezu	[mm]
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y	[m]

$i_{y,fi}$	poloměr setrvačnosti k ose y za požáru	[m]
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z	[m]
$i_{z,fi}$	poloměr setrvačnosti k ose z za požáru	[m]
i	sklon zářezu	[-]
k	součinitel vyjadřující geometrické uspořádání (při výpočtu součinitele b)	[-]
k_y	součinitel vzpěrnosti k ose y	[-]
$k_{y,fi}$	součinitel vzpěrnosti k ose y za požáru	[-]
k_z	součinitel vzpěrnosti k ose z	[-]
$k_{z,fi}$	součinitel vzpěrnosti k ose z za požáru	[-]
$k_{c,y}$	součinitel vzpěrnosti k ose y	[-]
$k_{c,y,fi}$	součinitel vzpěrnosti k ose y za požáru	[-]
$k_{c,z}$	součinitel vzpěrnosti k ose z	[-]
$k_{c,z,fi}$	součinitel vzpěrnosti k ose z za požáru	[-]
k_r	součinitel terénu	[-]
k_{def}	součinitel dotvarování	[-]
k_m	součinitel zohledňující redistribuci ohybových napětí v průřezu	[-]
k_{mod}	modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti	[-]
$k_{mod,fi}$	modifikační součinitel pro požár	[-]
k_{fi}	součinitel	[-]
k_0	součinitel	[-]
k_{90}	součinitel zohledňující vztah mezi typem dřeva a průměrem svorníku	[-]
$k_{c,90}$	součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost rozštěpení a stupeň deformace v tlaku	[-]
k_v	redukční součinitel pro nosníky se zářezem, který zohledňuje koncentraci napětí v zářezu	[-]
l_{ef}	vzpěrná délka	[-]
n	pomocná hodnota (při výpočtu součinitele b)	[-]
n_{fi}	redukční součinitel pro návrhové zatížení při požáru	[-]
p	požární zatížení (stálé i nahodilé)	[kg/m ²]

p_n	nahodilé požární zatížení	$[\text{kg/m}^2]$
$p_{s,okna}$	stálé požární zatížení oken	$[\text{kg/m}^2]$
$p_{s,dveře}$	stálé požární zatížení dveří	$[\text{kg/m}^2]$
$p_{s,podlahy}$	stálé požární zatížení podlah	$[\text{kg/m}^2]$
p_s	celkové stálé požární zatížení (oken, dveří a podlah)	$[\text{kg/m}^2]$
p_v	výpočtové požární zatížení	$[\text{kg/m}^2]$
q_b	referenční (základní) dynamický tlak větru (pro střední rychlost větru)	$[\text{kPa}]$
q_p	charakteristický maximální dynamický tlak	$[\text{kPa}]$
r	poloměr průřezu kulatiny	$[\text{mm}]$
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi	$[\text{kN/m}^2]$
$s_{k,1}$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše s nenavátým sněhem	$[\text{kN/m}^2]$
$s_{k,2}$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše s navátým sněhem	$[\text{kN/m}^2]$
t	čas	$[\text{minuty}]$
t_1, t_2	tloušťky spojovaných dřev	$[\text{mm}]$
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru	$[\text{m/s}]$
v_b	základní rychlost větru	$[\text{m/s}]$
v_m	střední rychlost větru	$[\text{kN/m}^2]$
w_k	charakteristická hodnota tlaku větru	$[\text{mm}]$
w_{fin}	konečný průhyb	$[\text{mm}]$
$w_{inst,g}$	okamžitý průhyb od stálých zatížení g	$[\text{mm}]$
$w_{inst,q,1}$	okamžitý průhyb od hlavního proměnného zatížení q_1	$[\text{mm}]$
$w_{inst,q,i}$	okamžitý průhyb od ostatních proměnných zatížení q_i	$[\text{mm}]$
$w_{fin,g}$	konečný průhyb od stálých zatížení g	$[\text{mm}]$
$w_{fin,q,1}$	konečný průhyb od hlavního proměnného zatížení q_1	$[\text{mm}]$
$w_{fin,q,i}$	konečný průhyb od ostatních proměnných zatížení q_i	$[\text{mm}]$
$w_{net,fin,lim}$	limitní čistý konečný průhyb	$[\text{m/s}]$
w_{inst}	okamžitý průhyb	$[\text{mm}]$
$w_{inst,lim}$	limitní okamžitý průhyb	$[\text{mm}]$
x	vzdálenost od působíště reakce v podpoře k rohu zářezu	$[\text{mm}]$
y	vzdálenost krajních vláken od těžiště průřezu ve směru osy y	$[\text{mm}]$

z	vzdálenost krajních vláken od těžiště průřezu ve směru osy z nebo výška nad zemí při zatížení větrem	[mm; m]
z_e	referenční výška pro zatížení vnějšího povrchu větrem	[m]
z_{fi}	vzdálenost krajních vláken od těžiště průřezu ve směru osy z za požáru	[mm]
z_0	parametr drsnosti terénu	[m]
$z_{0,ii}$	parametr drsnosti terénu pro ii. kategorii terénu	[m]
z_{min}	minimální výška	[m]

Malá písmena řecké abecedy

α	sklon prvku nebo součinitel	[°]
β, γ	uhly mezi směry vláken a výslednicí vnitřních sil, která působí na spojovací prostředek	[°]
β	poměr pevností v otlacení dřev ve spoji	[-]
β_n	nominální návrhová rychlost zuhelnatění	[mm/min]
β_c	součinitel přímosti	[-]
γ	úhel mezi vlákny sloupu a výslednicí vnitřních sil	[°]
γ_g	dílčí součinitel stálého zatížení	[-]
γ_m	dílčí součinitel vlastnosti materiálu, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů	[-]
$\gamma_{m,fi}$	dílčí součinitel pro dřevo při požáru	[-]
γ_q	dílčí součinitel proměnného zatížení	[-]
$\lambda_{rel,y}$	poměrný štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y	[-]
$\lambda_{rel,y,fi}$	poměrný štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y při požáru	[-]
$\lambda_{rel,z}$	poměrný štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy z	[-]
$\lambda_{rel,z}$	poměrný štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy z při požáru	[-]
λ_y	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y	[-]
$\lambda_{y,fi}$	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y při požáru	[-]
λ_z	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy z	[-]

λ_z	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy z při požáru	[-]
μ_1	tvarový součinitel zatížení sněhem pro sedlové střechy	[-]
ρ_k	charakteristická hustota dřeva	[kg/m ³]
ρ	měrná hmotnost vzduchu	[kg/m ³]
ρ_m	průměrná hustota dřeva	[kg/m ³]
σ	normálové napětí	[MPa]
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo na vlákna	[MPa]
$\sigma_{c,\alpha,d}$	návrhové napětí v tlaku šikmo k vláknům	[MPa]
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	[MPa]
$\sigma_{m,\alpha,d}$	návrhové napětí ohybu pod úhlem α k vláknům	[MPa]
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y	[MPa]
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y	[MPa]
τ	smykové napětí	[MPa]
$\tau_{xy,d}$	návrhové smykové napětí ve směru osy y	[MPa]
$\tau_{xz,d}$	návrhové smykové napětí ve směru osy z	[MPa]
$\tau_{tor,xy,unit}$	jednotkové krouticí napětí ve směru osy y	[MPa]
$\tau_{tor,xz,unit}$	jednotkové krouticí napětí ve směru osy z	[MPa]
$\tau_{tor,xy,d}$	návrhové krouticí napětí ve směru osy y	[MPa]
$\tau_{tor,xz,d}$	návrhové krouticí napětí ve směru osy z	[MPa]
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení	[-]
ψ_2	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení	[-]

1 Historické a současné konstrukční systémy srubových konstrukcí [1]

1.1 Roubená konstrukce

Roubenou nebo taky srubovou stavbou je taková, která je sestavená z vodorovně kladených kmenů či klád, které mohou být v různém stupni opracování. Jednak je možno se setkat s kmeny, u kterých je provedeno pouhé odkornění, nebo taky s kmeny či kládami, které mají vyšší stupeň opracování, kterým je dvoustranné nebo čtyřstranné hranění.

K výstavbě roubených konstrukcí bylo v českých zemích až do konce 18. Století užíváno především dřevo rovné z jehličnatých stromů. V oblastech s menší mírou jehličnatých lesů se využívalo tvrdé dubové dřevo.

Roubené konstrukce je možno rozlišit podle provádění rohových spojů. Nejjednodušším rohovým spojem je přeplátování trámů či klád, v místech křížení jsou tyto prvky oslabeny výřezy. U tohoto typu rohového spoje jsou jednotlivé klády či trámy v rozích provedeny s přesahem. V současnosti je tento druh spoje na našem území vzácný, vyskytuje se především u „kanadských“ nebo také „finských“ srubů z neopracovaných klád. Postupem času byly u nás dřevěné prvky v rozích spojovány rybinovým přeplátováním. U tohoto spoje se opracované trámy dotýkají pouze v šikmo seříznutých plochách tzv. rybiny. Od druhé poloviny 18. století se také objevuje systém zámkových spojů, zámkové spoje skládající se z dlabů a výstupků, které do sebe zapadají. Často se zámkový systém kombinoval s rybinovým přeplátováním. V 19. století se objevuje také spojení stěnových trámů do rohových sloupků pomocí spoje pero – drážka, tento typ spojování vyžaduje velice přesné opracování stěnových trámů, které na sebe přesně dosedají.

1.2 Historie

Středověk

Mezi nejstarší zachované roubené konstrukce na našem území patří konstrukce z vrcholného středověku a to ve městech jako jsou České Budějovice nebo Znojmo. U městských domů se z důvodu většího tepelného komfortu stavěly roubenou technologií především obytné místnosti. Tyto místnosti (jizby) byly v mnoha případech vytápěny za pomoci otevřeného ohně. Tento způsob vytápění se nazývá dymným provozem. Roubené

místnosti se nevyskytovaly pouze v městských domech, ale také na hradech či tvrzích. Kromě těchto staveb se roubenou technologií prováděly vesnické domy, které pocházejí již z 15. století. Vesnické domy měly opět velmi vysoké a rozlehlé místnosti (jizby), ve kterých se uplatňoval dymný provoz. Výška těchto místností dosahovala až 3,5 m a plocha 40 m².

Novověk

V polovině 17. století docházelo k zániku dymného provozu a začínalo se vytápět pomocí otopného koutu v zadní části síně, z něj se později vyvinula černá kuchyně, která sloužila k obsluze kachlových kamen a pece v obytné místnosti. Se zánikem dymného provozu se také snížila výška obytných místností, které bílili vápenným nátěrem, z vysokých a tmavých jizeb se tak staly menší místnosti zvané světnice. K rozvinu technologie roubených staveb došlo v průběhu 18. století. Domy se začínaly stavět s jednotnou výškou celého podlaží a to přízemní nebo patrové. 18. století bylo také obdobím vzniku regionálních typů lidové architektury. Tyto typy se vyznačovaly výzdobnými prvky jako byly zdobené štíty, tvarové řešení střech a tesařské detaily. Na konci 18. století se zavedla protipožární nařízení, která omezovala výstavbu dřevěných domů. Dalším významným znakem konce 18. století byly stavby, které se prováděly kombinovanou technologií, světnice byly nadále roubené, černé kuchyně a stáje byly zděné. V případě že byly domy patrové, pak patro na roubenou přízemní světnici bylo prováděno jako zděné nebo taky hrázděné.

Roubený vesnický dům

Za dům byla považována každá obytná stavba a jako chalupa bylo označováno každé menší stavení s nižším sociálním postavením. Drtivá většina vesnických domů byla stavěna se stejným dispozičním řešením a tím byla trojdílná dispozice. Tato dispozice se skládala ze střední části (síně), přední části (světnice) a zadní části, ve které mohly být umístěny stáje a skladovací komory. Část síně sloužila k topení buď jako kout, nebo jako černá kuchyně. Součástí usedlosti nebyl pouze dům, ale jeho součástí bývala také další obytná stavba, ta sloužila jako obydlí pro staré hospodáře a byla nazývána výměnek.

Roubené hospodářské stavby

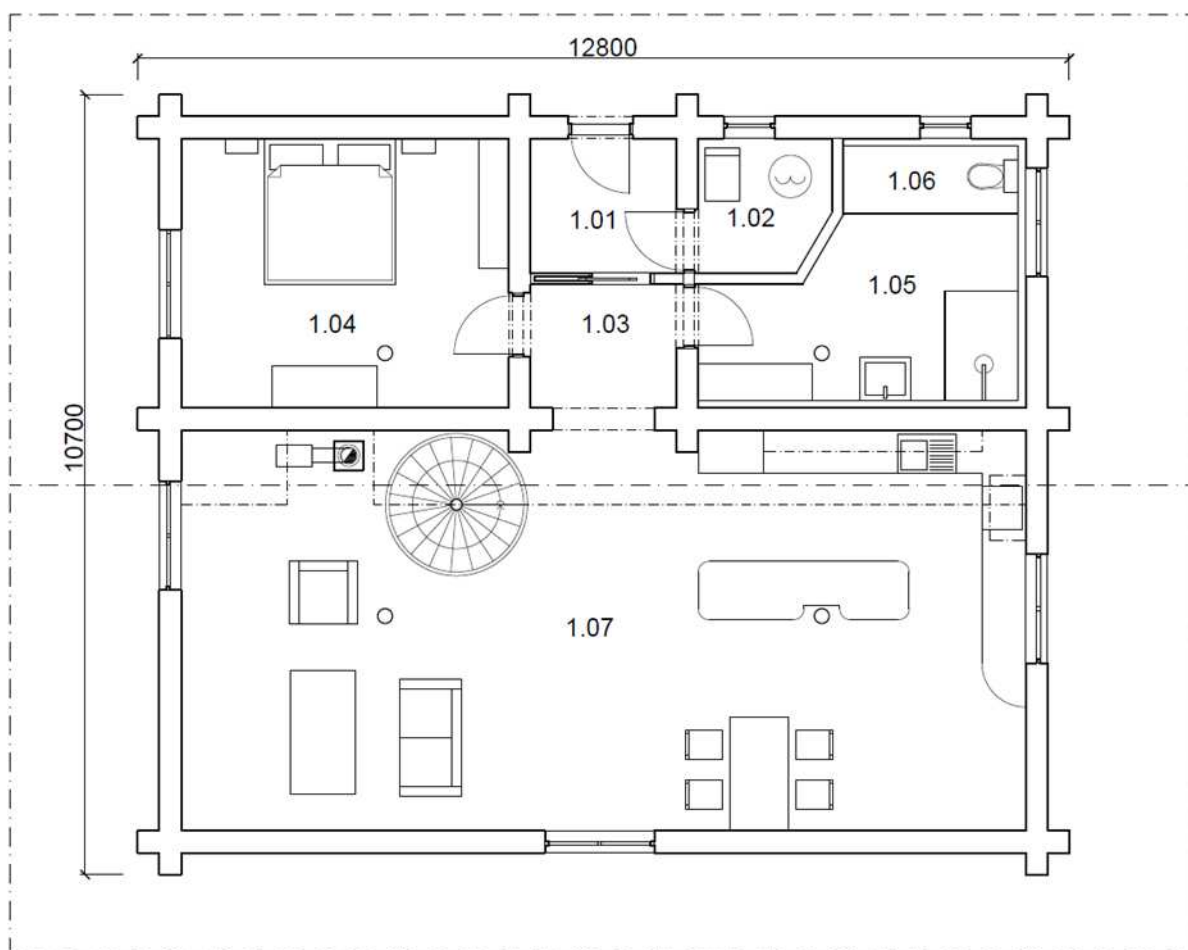
Mezi hospodářské roubené stavby patřily především sýpky a komory, které bývaly přízemní i patrové. Sýpky sloužily k uskladňování obilí, cenností a často byly využívány

k přespávání. Dalším významným hospodářským roubeným stavením byla stodola, která se skládala ze dvou částí. První částí byl mlat, tento prostor sloužil k mlácení obilí. Druhou částí byla perna, v té se uskladovala vymláčená sláma a seno. Dvě zmíněné části stodoly bývaly nejčastěji uspořádány do trojdílné dispozice, s jedním středním mlatem a dvěma perami po stranách. V ovocnářských oblastech bylo možné se setkat s roubenými sušárnami ovoce. Dispozice bývala dvojdílná, obsahovala přípravnu a samotnou místnost s topeništěm.

Dřevěných roubených hospodářských staveb je na našem území v dnešní době mnohem méně než obytných domů, důvodem zániku těchto stavení je nenalezení alternativního využití, to se povedlo pouze u obytných staveb, které dodnes mohou sloužit k rekreaci.

2 Dispoziční řešení

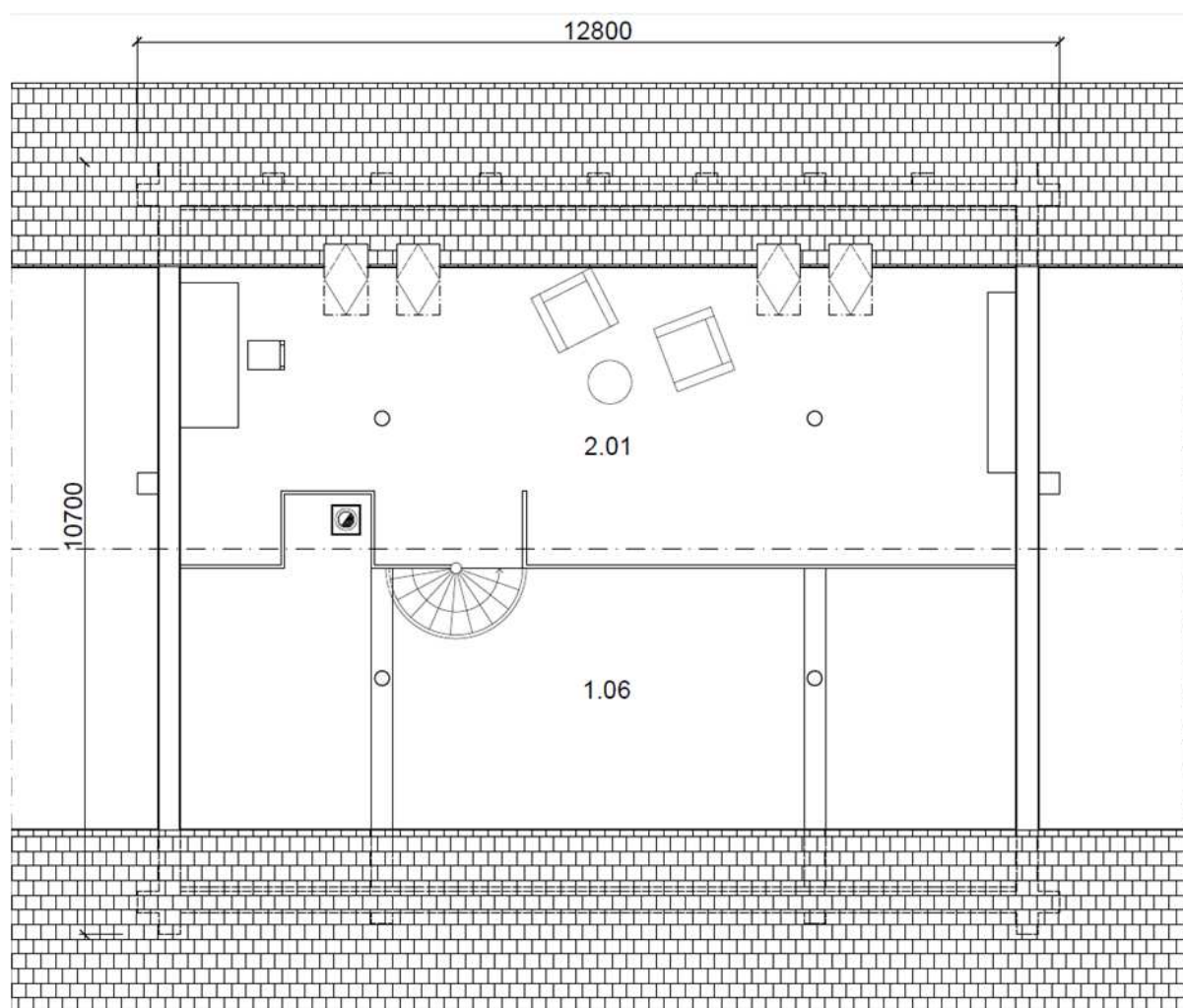
Rodinný dům je řešen jako nepodsklepený objekt s jedním nadzemním podlažím a podkrovím. V prvním nadzemním podlaží se nachází 7 místností, z toho 2 jsou obytné a v podkroví je pouze jedna místnost, touto místností je pracovna. V domě jsou celkem 3 obytné místnosti a jde tedy o byt III. kategorie. Vstup do objektu je skrz zádveří, po jehož straně se nachází kotelná s plynovým kotlem a bojlerem. Zádveří je odděleno posuvnými dveřmi od chodby, ze které se lze dostat do všech ostatních místností v prvním nadzemním podlaží. Na chodbu tedy navazuje po jedné straně ložnice orientovaná na západ a po druhé straně koupelna se záchodem. Z chodby se dá dále dostat do obývacího pokoje, který s kuchyní vytváří jeden velký společný prostor s plochou 64 m². V obývacím pokoji je umístěno vřetenové schodiště spojující pracovnu v podkroví s prvním nadzemním podlažím.



Obrázek 1 - Dispoziční řešení 1. NP

Tabulka 1 - Tabulka místností v 1.NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti [m ²]
1.01	Zádveří	3,70
1.02	Kotelna	3,49
1.03	Chodba	4,00
1.04	Ložnice	17,20
1.05	Koupelna	9,85
1.06	Záchod	2,23
1.07	Obývací pokoj + kuchyně	64,00



Obrázek 2 - Dispoziční řešení podkroví

Tabulka 2 - Tabulka místností v podkroví

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti [m ²]
2.01	Pracovna	51,90

3 Zatížení

3.1 Klimatická zatížení

a) Zatížení sněhem dle ČSN EN [2]

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi s_k je stanovena s pomocí sněhové mapy www.snehovamapa.cz [3] v místě Ostrava - Klimkovice s nadmořskou výškou 291 m n. m.

- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
 $s_k = 1,06 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel expozice
 $C_e = 1,0$
- Tepelný součinitel
 $C_t = 1,0$
- Tvarový součinitel zatížení sněhem
 $\mu_1 = 0,667$
- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše s nenavátým sněhem
 $s_{k,1} = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 = 1,06 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,667 = 0,707 \text{ kN/m}^2$
- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše s navátým sněhem
 $s_{k,2} = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 \cdot 0,5 = 1,06 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,667 \cdot 0,5 = 0,354 \text{ kN/m}^2$

b) Zatížení větrem dle ČSN EN [4]

Dle větrné mapy uvedené v ČSN EN [4] oblast Ostravy spadá do 2. větrné oblasti s výchozí základní rychlostí větru uvedenou níže.

- Výchozí základní rychlost větru
 $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- Součinitel směru větru
 $c_{dir} = 1,0$
- Součinitel ročního období
 $c_{season} = 1,0$

- Základní rychlost větru

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

- Parametr drsnosti terénu II. kategorie

$$z_0 = z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

- Minimální výška podle kategorie terénu (kategorie terénu III)

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

- Referenční výška

$$z_e = z = 8,180 \text{ m}$$

- Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

- Součinitel ortografie

$$c_0 = 1,0$$

- Součinitel drsnosti terénu

$$c_r = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,215 \cdot \ln \left(\frac{8,180}{0,3} \right) = 0,712$$

- Střední rychlost větru

$$v_m = c_r \cdot c_0 \cdot v_b = 0,712 \cdot 1,0 \cdot 25 = 17,800 \text{ m/s}$$

- Hustota vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

- Základní dynamický tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 17,800^2 = 198,028 \text{ Pa}$$

- Součinitel expozice

$$c_e = 1,550$$

- Charakteristický maximální dynamický tlak

$$q_p = q_b \cdot c_e = 198,028 \cdot 1,55 = 307 \text{ Pa} = 0,307 \text{ kPa}$$

Výsledný tlak větru

- vzorec pro výpočet výsledného tlaku větru:

$$w_k = q_b \cdot (c_{pe,10} - c_{pi})$$

I. Příčný vítr

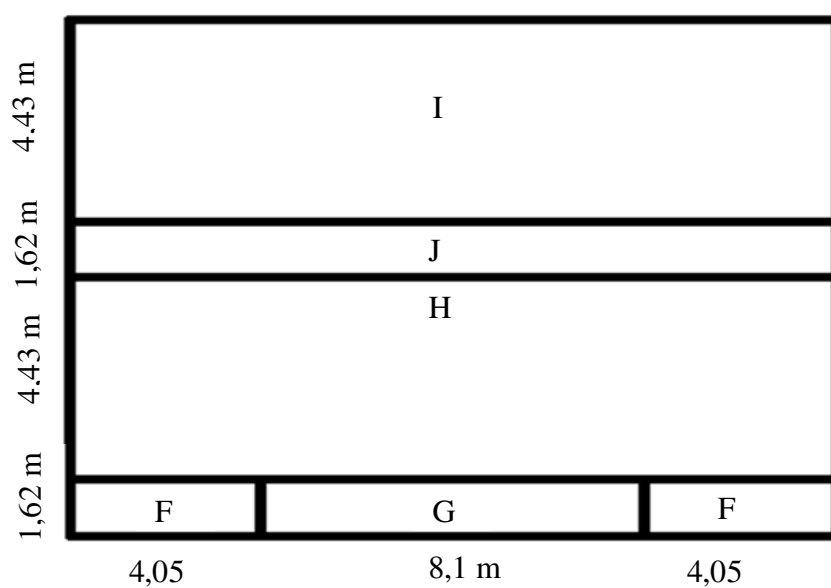
Na střeše

- hodnota e :

$$e = \min(b; 2h) = \min(16,200 \text{ m}; 16,360 \text{ m}) = 16,200 \text{ m}$$

- plocha obou střešních rovin:

$$S = 2 \cdot 7,385 \cdot 16,200 = 239,274 \text{ m}^2$$



Obrázek 3 - Větrné oblasti na střeše od příčného větru

Tabulka 3 - Součinitele vnějšího tlaku

$c_{pe,10}$				
Oblast				
F	G	H	I	J
0,700	0,700	0,470	0	0
-0,330	-0,330	-0,130	-0,330	-0,430

Tabulka 4 - Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k[\text{kN/m}^2]$				
Oblast				
F	G	H	I	J
0,153	0,153	0,082	-0,061	-0,061
-0,164	-0,164	0,102	-0,164	-0,194

Tabulka 5 - Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k[\text{kN/m}^2]$				
Oblast				
F	G	H	I	J
0,307	0,307	0,235	0,092	0,092
-0,010	-0,010	0,051	-0,010	-0,041

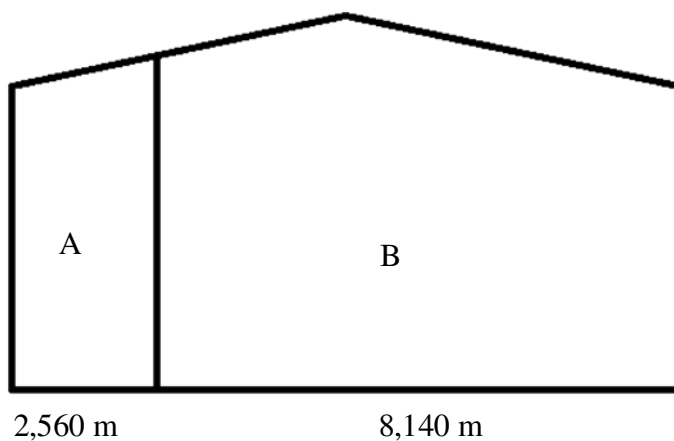
Na stěnách

- hodnota e :

$$e = \min(b; 2h) = \min(12,800 \text{ m}; 15,360 \text{ m}) = 12,800 \text{ m}$$
- plocha stěny:

$$S = 56,753 \text{ m}^2$$
- poměr h/d :

$$h/d = 7,680/10,700 = 0,718$$



Obrázek 4 – Větrné oblasti na štítové stěně od příčného větru

Tabulka 6 – Součinitele vnějšího tlaku

$c_{pe,10}$			
Oblast			
A	B	D	E
-1,200	-0,800	0,760	-0,420

Tabulka 7 – Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k[\text{kN/m}^2]$			
Oblast			
A	B	D	E
0,430	0,307	-0,155	0,157

Tabulka 8 – Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k[\text{kN/m}^2]$			
Oblast			
A	B	D	E
0,276	0,153	-0,309	0,004

II. Podélný vítr

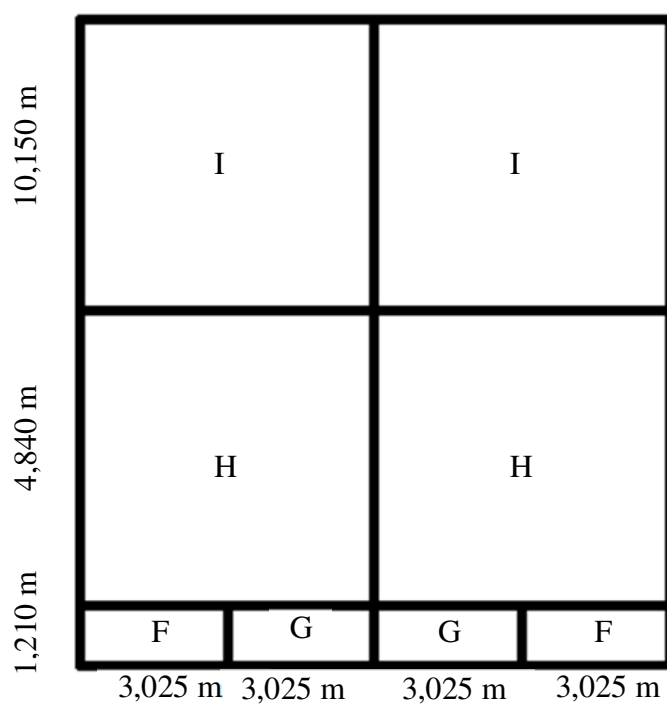
Na střeše

- hodnota e :

$$e = \min(b; 2h) = \min(12,100 \text{ m}; 16,360 \text{ m}) = 12,100 \text{ m}$$

- plocha obou střešních rovin:

$$S = 2 \cdot 7,385 \cdot 16,200 = 239,274 \text{ m}^2$$



Obrázek 4 - Větrné oblasti na střeše od podélného větru

Tabulka 9 – Součinitele vnějšího tlaku

$c_{pe,10}$			
Oblast			
F	G	H	I
-1,100	-1,400	-0,830	-0,500

Tabulka 10 – Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = 0,2$

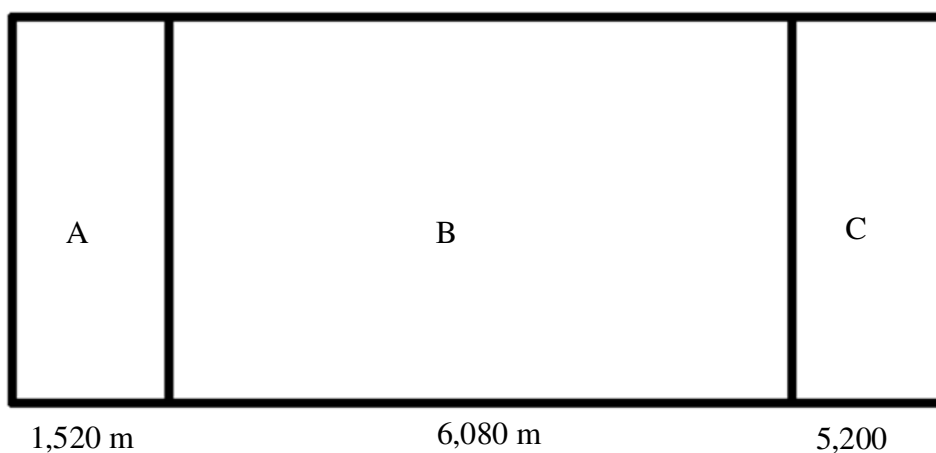
$w_k[\text{kN/m}^2]$			
Oblast			
F	G	H	I
-0,399	-0,491	-0,317	-0,215

Tabulka 6 - Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = - 0,3$

$w_k[\text{kN/m}^2]$			
Oblast			
F	G	H	I
-0,246	-0,338	-0,164	-0,061

Na stěnách

- hodnota e :
 $e = \min(b; 2h) = \min(10,700 \text{ m}; 7,600 \text{ m}) = 7,600 \text{ m}$
- plocha stěny:
 $S = 48,64 \text{ m}^2$
- poměr h/d :
 $h/d = 3,800/12,800 = 0,297$



Obrázek 5 - Větrné oblasti na podélné stěně od podélného větru

Tabulka 7 - Součinitele vnějšího tlaku

$c_{pe,10}$				
Oblast				
A	B	C	D	E
-1,200	-0,800	-0,500	0,710	-0,310

Tabulka 8 - Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k[kN/m^2]$				
Oblast				
A	B	C	D	E
0,430	0,307	0,215	-0,155	0,157

Tabulka 9 - Výsledné tlaky větru pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k[kN/m^2]$				
Oblast				
A	B	C	D	E
0,276	0,153	0,061	-0,309	0,004

3.2 Užité zatížení

a) Užité zatížení na strop nad 1.NP dle ČSN EN [5]

Stropní konstrukce spadá do užité kategorie A.

- Charakteristická hodnota rovnoměrně spojitěho užitého zatížení
 $q_k=2 \text{ kN/m}^2$

b) Zatížení zábradlí v podkroví dle ČSN EN [5]

- Charakteristická hodnota vodorovného přímkového zatížení
 $q_k=0,5 \text{ kN/m}$

c) Užité zátížení na střeše dle ČSN EN [5]

Střecha rodinného domu bude nepřístupná s výjimkou běžné údržby a oprav, spadá tedy do kategorie H.

- Charakteristická hodnota rovnoměrně spojitého užitého zátížení
 $q_k=0,75 \text{ kN/m}^2$

3.3 Stálá zátížení

Vlastní tíha stropu nad 1.NP

Objemové hmotnosti smrkových a dubových dřevin ve vrstvách 1 a 6 je stanoveny dle ČSN EN [5].

Tabulka 10 - Zátížení od tíhy skladby stropu nad 1.NP

číslo vrstvy	materiál	tloušťka vrstvy [mm]	plošná hmotnost [kg/m ²]	objemová hmotnost [kg/m ³]	hmotnost kusu [kg/ks]	plošné zátížení [kN/m ²]
1	dřevina dub	15	-	1 080	-	0,162
2	OSB 3 P+D	30	-	-	15	0,096
3	separační folie	-	-	-	-	-
4	OSB 3 P+D	30	-	-	15	0,096
5	kamenná vlna	30	-	137,3	-	0,041
6	dřevina smrk	40	-	500	-	0,200
					Σ	0,595

Vlastní tíha štítu střechy

Do zátížení vlastní tíhou štítu není v tabulce započítána tíha dřevěného roštu provedeného z hranolů 50x100 mm, tíha těchto hranolů je započítána programem Scia Engineer.

Tabulka 11 - Zatížení od tíhy skladby střechy

číslo vrstvy	materiál	tloušťka vrstvy [mm]	plošná hmotnost [kg/m ²]	objemová hmotnost [kg/m ³]	plošné zatížení [kN/m ²]
1	smrkové palubky	19	-	500	0,095
2	smrkové latě + kamenná vlna	40	-	500 (latě) 49,1 (izolace)	0,038
3	folie	-	0,1	-	0,001
4	kamenná vlna	100	-	49,1	0,049
5	-	40	-	-	-
6	dřevina smrk	19	-	500	0,095
				Σ	0,278

Vlastní tíha střešního pláště

Tabulka 12 - Zatížení od tíhy skladby štítu

číslo vrstvy	materiál	tloušťka vrstvy [mm]	plošná hmotnost [kg/m ²]	objemová hmotnost [kg/m ³]	hmotnost kusu [kg/ks]	plošné zatížení [kN/m ²]
1	dřevina modřín	11	22	-	-	0,220
2	dřevina smrk	40	-	500	-	0,048
3	dřevina smrk	40	-	500	-	0,012
4	dřevovláknité desky	52	-	260	-	0,135
5	kamenná vlna + dřevina smrk	60	-	500 (krokve) 49,1 (izolace)	-	0,047
6	kamenná vlna + kovové držáky	180		49,1 (izolace)	2,4 (držák)	0,102
7	těžký asfaltový pás	4	4,5	-	-	0,045
8	dřevina smrk	28	-	500	-	0,140
					Σ	0,749

4 Návrh a posudek

4.1 Popis návrhu a posudku

Statický návrh a posudek je proveden pro vybrané nosné prvky a spoje konstrukce krovu, stropu nad 1.NP a také pro nadpražní překladové klády dle ČSN EN [6], [7] a také podle změn [8] a [9], které k těmto normám byly v letech 2009 a 2015 vydány. Konstrukce srubu je navržena podle doporučení uvedených v knize Srubové domy z kulatin [10]. Posouzení je provedeno pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Pro nosné prvky jsou uvaženy celkem dva typy návrhových situací, jedná se o trvalou a dočasnou návrhovou situaci za běžné pokojové teploty dle ČSN EN [6] a mimořádnou návrhovou situaci při požáru dle ČSN EN [7]. Posouzení spojů při požáru není součástí této práce. Jednotlivé posuzované prvky a spoje jsou zobrazeny a popsány na obrázku 8. Ve výpočtech jsou zanedbány normálové a posouvající síly menší než 0,1 kN a ohybové momenty menší než 0,1 kNm.

Výběr a opracování klád

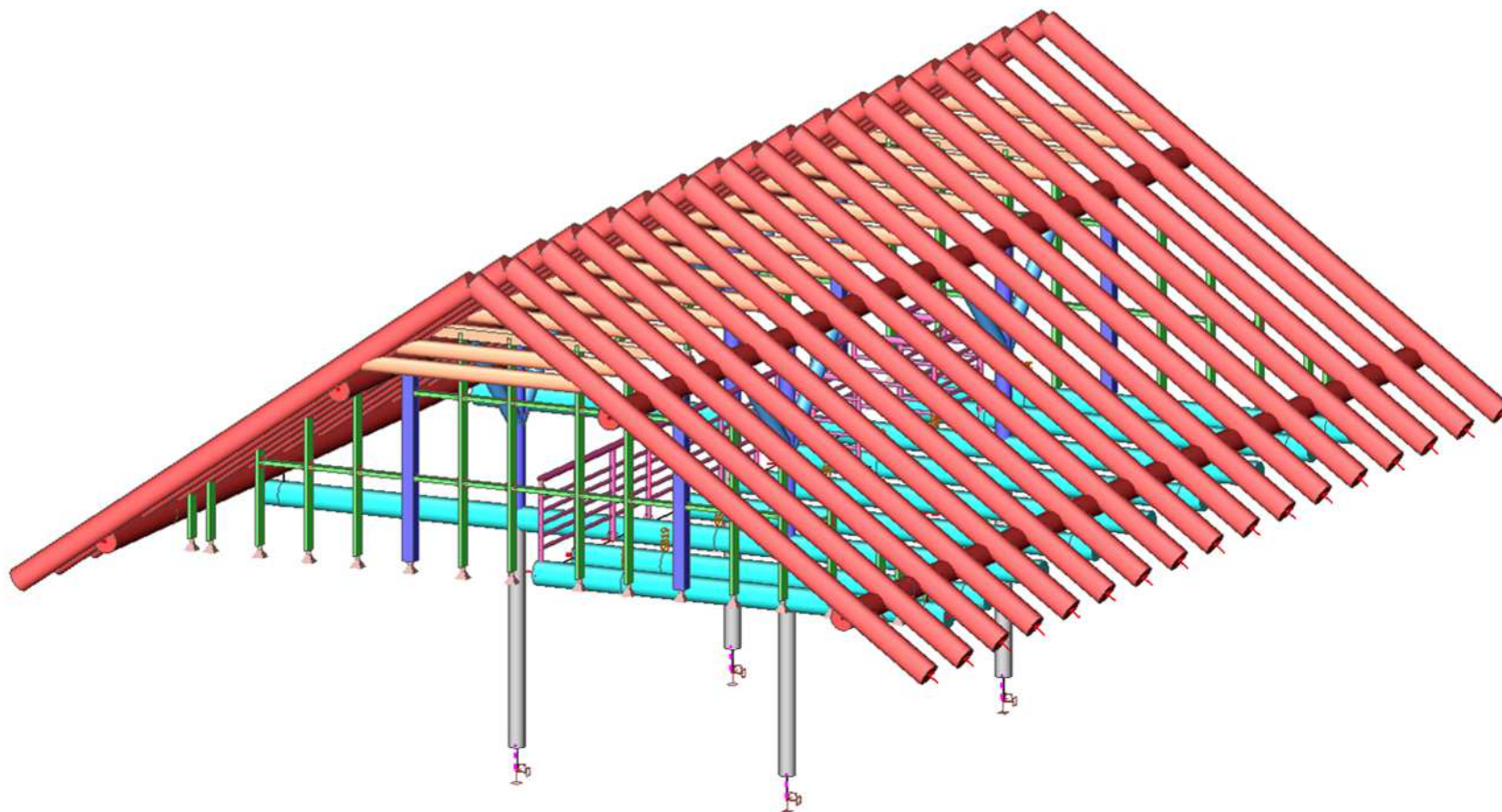
Pro stavbu srubu jsou použity klády vytěženy v zimním období. Hlavním důvodem je menší obsah látek potřebných pro růst dřeva, které současně tvoří potravu pro dřevokazné a dřevozbarvující houby. Nosné prvky v konstrukci krovu a stropu nad 1.NP jsou z klád bez točivosti vláken. Prvky s levostrannou točivostí vykazují větší průhyby a mají nižší pevnost v ohybu.

Veškeré nosné prvky v konstrukci srubu jsou vyrobeny z frézovaných kulatin, které jsou dále upravovány na 5osém CNC stroji na výrobu krovů a dřevěných konstrukcí. Alternativně je možné spoje vyřezávat také ruční řetězovou motorovou pilou. Srub je tedy buď proveden plně průmyslovou technologií, nebo z části průmyslovou a z části technologií řemeslnou.

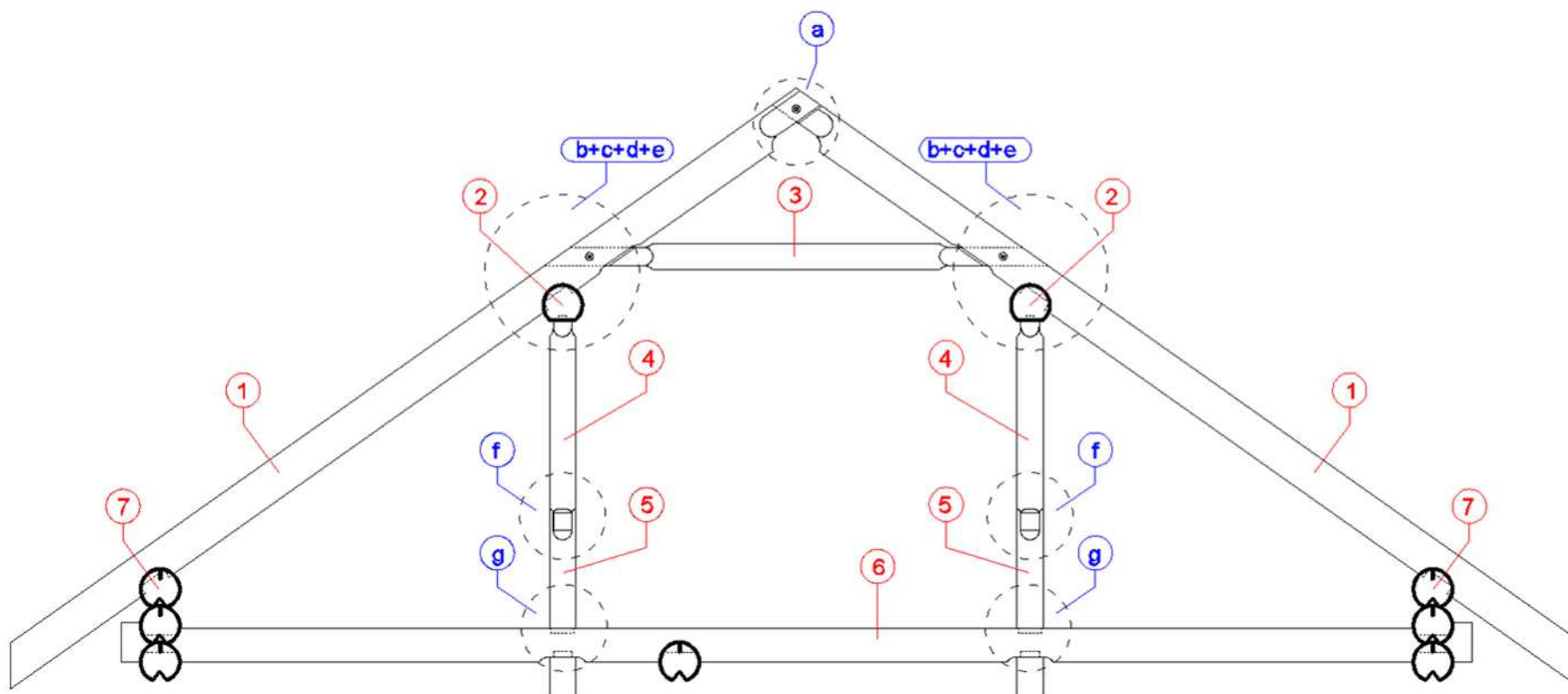
Konstrukce krovu a stropu nad 1.NP

Celá konstrukce krovu a stropu je provedena z kulatin dvou různých průměrů, 200 mm a 300 mm. Průměr 200 mm je použit pro sloupky, pásky, kleštiny a sloupy, které tvoří podpory dvou stropních trámů. Průměr 300 mm je použit u krokví, vaznic a stropních trámů.

Konstrukce štítu je postavena z trámek tvořících roštovou konstrukci, trámy mají profil 50 x 100. Skladby střešního pláště, štítu a stropu nad 1.NP jsou v příloze 4. Konstrukce krovu a stropu jsou vymodelovány s pomocí prutových prvků v programu Scia Engineer. Seznam použitých 28 zatěžovacích stavů je vypsáno v tabulce 19 v příloze 3.



Obrázek 7 - Prutový model krovu a stropu nad 1.NP



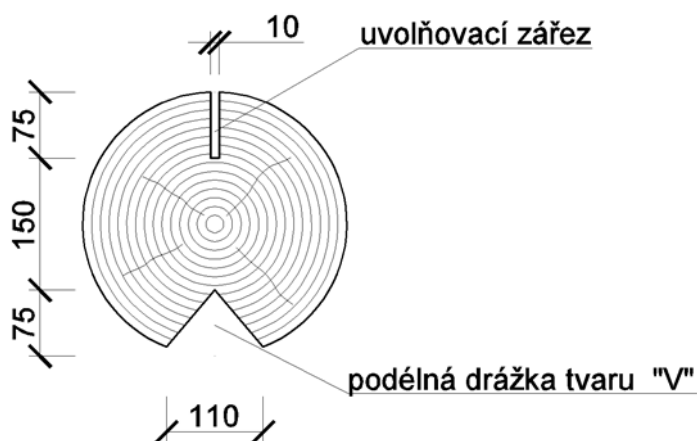
Obrázek 8 - Příčný řez krovem

1....krokev
 2.... vaznice
 3.... kleština
 4.... pásek
 5.... sloupek
 6 stropní trám
 7.....pozednicová kláda

aspoj krokev – krokev
 bspoj krokev – kleština
 cspoj krokev – vaznice
 dspoj sloupek – vaznice
 espoj vaznice – pásek
 f.....spoj sloupek-pásek
 gspoj sloupek-stropní trám
 spoj sloup-stropní trám

Stěny

Stěny jsou navrženy na základě podkladů firmy SRUBY BOHEMIA s.r.o. [11]. Srubové nosné stěny jsou vyrobeny z frézovaných kulatin průměru 300 mm. Klády jsou opatřeny na spodní straně podélnou drážkou tvaru “V” a uvolňovacím zářezem na horní straně klády. Rohové spoje jsou řešeny samosvornými sedly.



Obrázek 8 - Profil příčného řezu stěnovou kládou

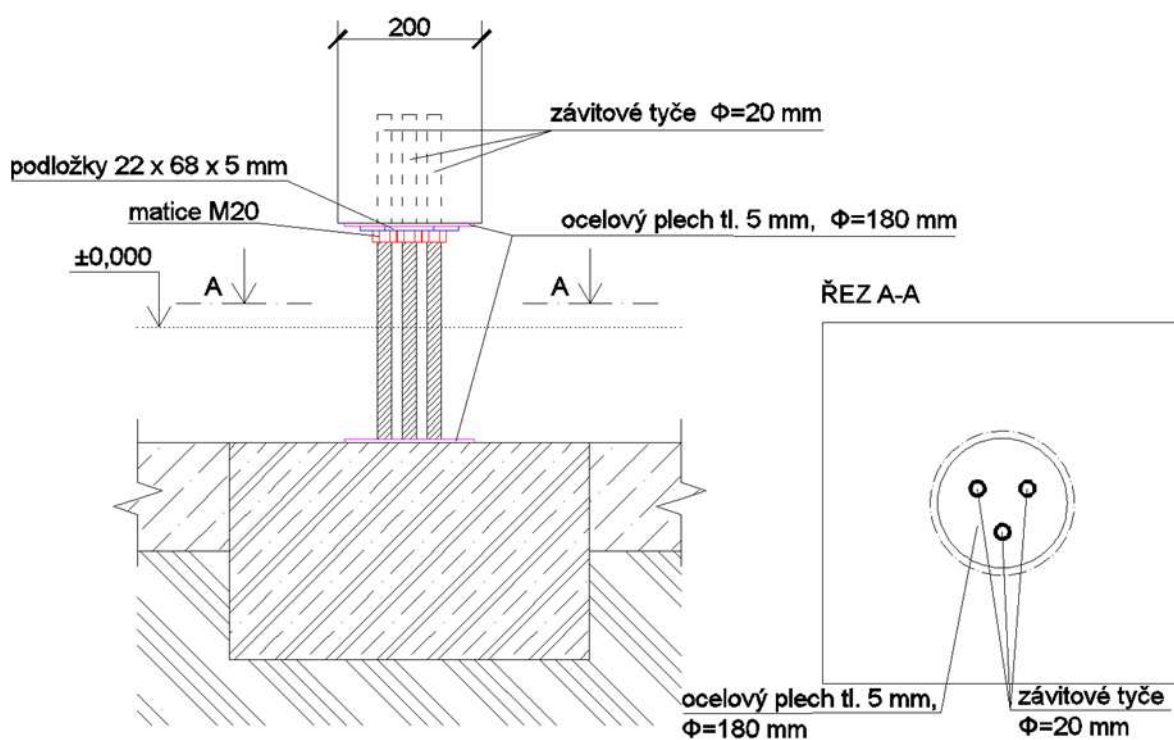
Nosné srubové stěny jsou založeny na prahových kládách upevněných kotevními šrouby do základové konstrukce. Tyto prahové klády nejsou v přímém kontaktu se základy, ale jsou uloženy na prahových hranolech s profilem 150 x 150 mm. Pod hranoly je 20 mm tlustá vrstva extrudovaného polystyrenu. Pozednicové klády jsou připevněny svorníky k sousední spodní kládě.

Jelikož je výška srubových stěn menší než 6,1 m, není nutno stěny posuzovat na únosnost a stabilitu. Ale jelikož tyto stěny obsahují okenní a dveřní otvory, ve kterých je stabilita stěn snížena, musejí se tyto stěny dodatečně vyztužit ocelovými úhelníky, které jsou uloženy do vertikálních vodících drážek na bočních stranách výplňových otvorů. U oken jsou použity úhelníky s profilem T50 a u dveří U50. Další vyztužení je nutné z důvodu, kterým je osová vzdálenost rohových spojů podélné obvodové nosné stěny, ta činí 11,9 m. Proto je nutné stabilitu stěny zajistit svorníky.

Nenosné vnitřní příčky jsou vybudovány s rámovými dřevěnými konstrukcemi, které jsou opláštěny sádkartonovými deskami.

Strop

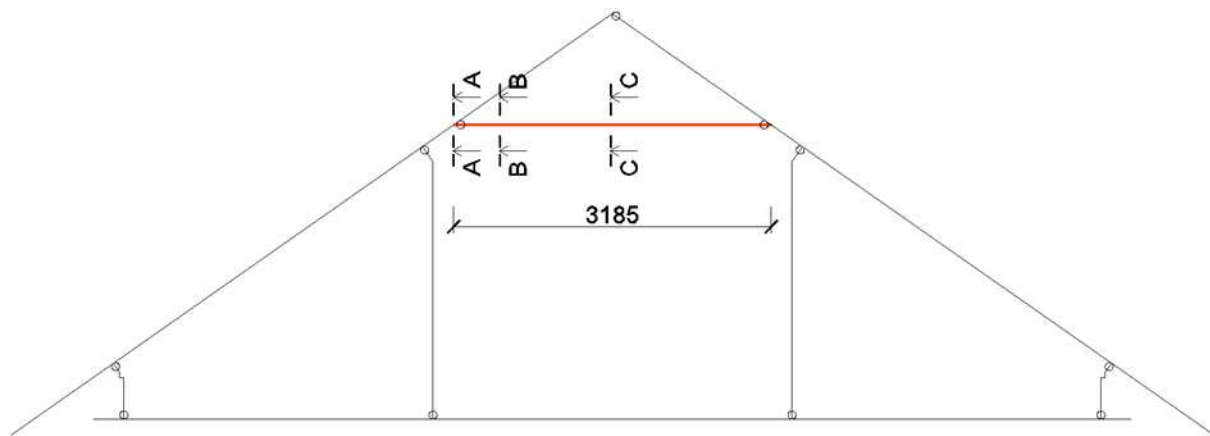
Stropní nosná konstrukce je navržena z kulatiny průměru 300 mm s potřebnými zářezy pro uložení na srubové nosné stěny a také dlaby pro čepové spoje se sloupky a sloupy. Každý z dvojice delších stropních trámů je podepřen dvojicí sloupů průměru 200 mm v místech pod za čepování střešních sloupků do těchto trámů. Každý podpůrný sloup je ukotven do základové konstrukce pomocí tří závitových tyčí opatřených podložkami a rektifikačními maticemi.



Obrázek 9 - Osazení sloupu s rektifikací

5 Mezní stav únosnosti - trvalá a dočasná návrhová situace

5.1 Kleština

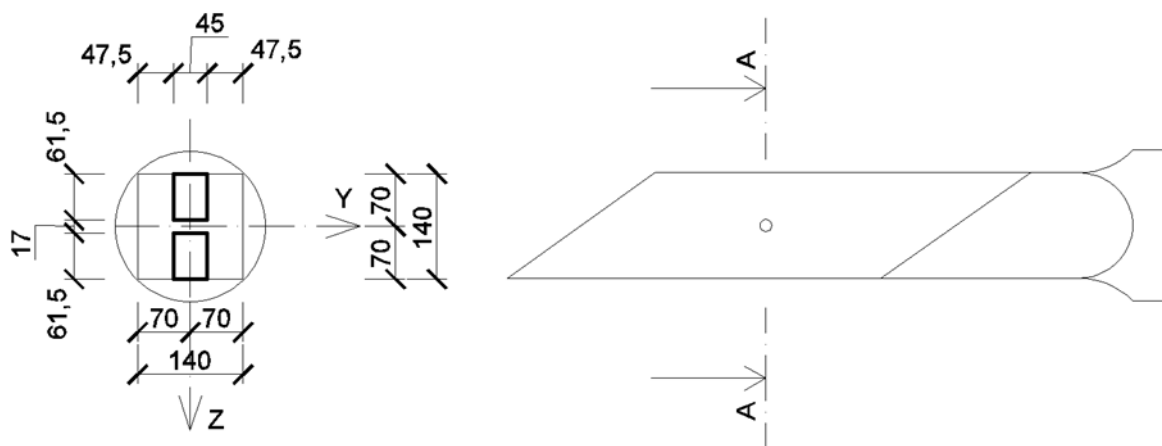


Obrázek 10 - Statické schéma kleštiny

V konstrukci krovu jsou použity kleštiny se dvěma různými profily. Většina klestiny je kruhového průřezu, pouze 2 kleštiny ve štítových příčných vazbách jsou hraněné ze tří stran. Posouzeny jsou všechny kleštiny s kruhovým průřezem. Jelikož se kleštiny nacházejí v interiéru i exteriéru, je bezpečně při posudcích uvažována třída provozu 3.

a) Řez A-A

ŘEZ A-A



Obrázek 11 - Profil příčného řezu kleštinou v hraněné části u spoje s krokví

Prostý tah

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tahové normálové síly

$$N_{Ed} = 5,750 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} \\ + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} \\ + 0,9 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva – 2 – cpi} = 0,2$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A = 45 \cdot (140 - 17) = 5\,535 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tah rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{5\,750}{5\,535} = 1,039 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\sigma_{t,0,d} = 1,039 \text{ MPa} < f_{t,0,d} = 7,538 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Prostý tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tahové normálové síly

$$N_{Ed} = -8,740 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A = 140 \cdot 45 = 6\,300 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-8\,740}{6\,300} = -1,387 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$|\sigma_{c,0,d}| = 1,387 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 11,308 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y
 $V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z
 $V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,5$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost ve smyku
 $f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,5 = 0,962 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Plocha oddělené části průřezu
 $A_{y,oddělená} = 45 \cdot \left(70 - \frac{17}{2}\right) = 2\,768 \text{ mm}^2$
- Vzdálenost těžiště oddělené části průřezu od těžiště celkového průřezu
 $z = 43,5 \text{ mm}$
- Statický moment oddělené části poloviny průřezu
 $S_y = A_{oddělená,y} \cdot z = 2\,768 \cdot 43,5 = 0,120 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
- Moment setrvačnosti k ose y
 $I_y = 10,272 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Posouzení

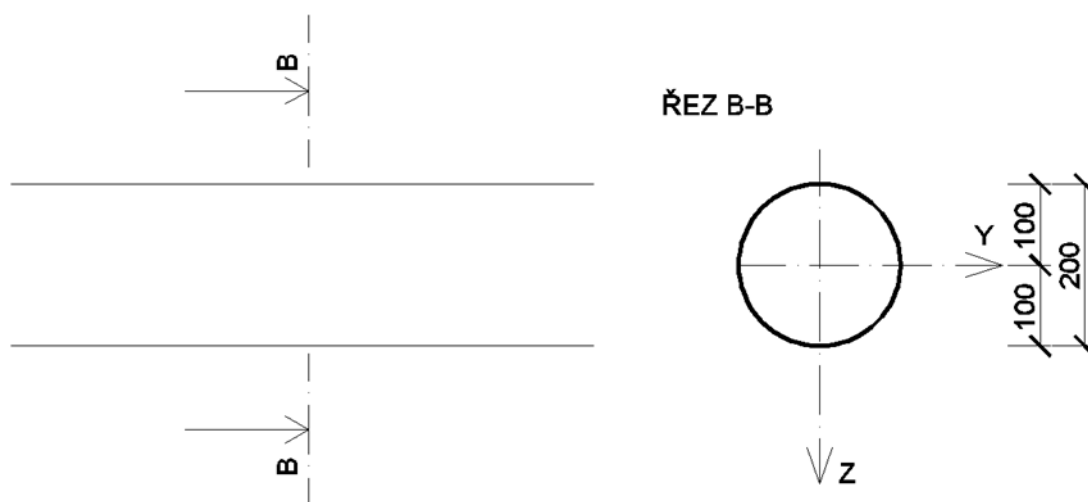
- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{230 \cdot 0,120 \cdot 10^6}{10,272 \cdot 10^6 \cdot 45} = 0,060 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,d} = 0,060 \text{ MPa} < f_{v,d} = 0,962 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 12 - Profil příčného řezu kleštinou v nehraněné části mezi spoji s krokvi

Prostý tah a prostý tlak

Velikost průřezové plochy v řezu B-B je větší než v řezu A-A a tahová s tlouvkou silou mají konstantní průběh po celé délce kleštiny, stačí tedy na tah a prostý tlak posoudit pouze řez A-A.

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z
 $V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,5$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,5 = 0,962 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

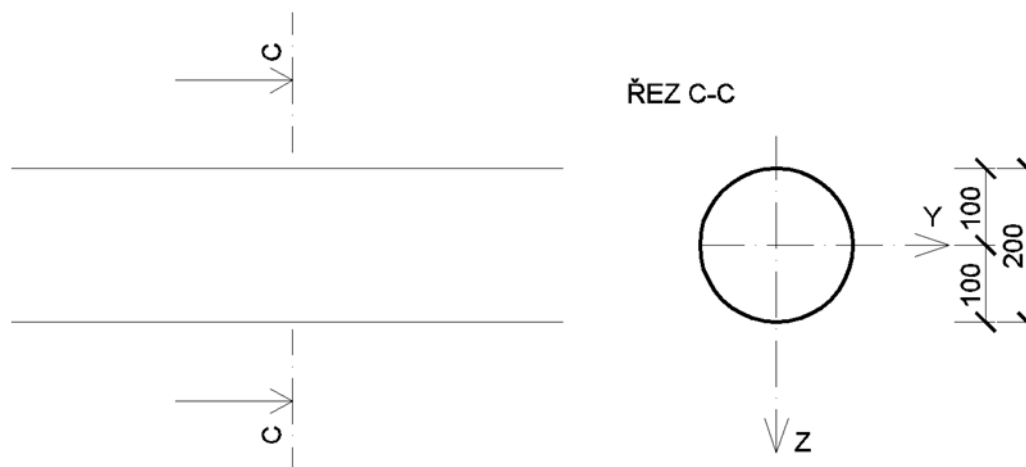
- Plocha oddělené části průřezu
 $A_{y,oddělená} = 15\,708 \text{ mm}^2$
- Vzdálenost těžiště oddělené části průřezu od těžiště celkového průřezu
 $z = 42,441 \text{ mm}$
- Statický moment oddělené části poloviny průřezu
 $S_y = A_{oddělená,y} \cdot z = 15\,708 \cdot 42,441 = 0,667 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
- Moment setrvačnosti k ose y
 $I_y = 78,540 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{230 \cdot 0,667 \cdot 10^6}{78,540 \cdot 10^6 \cdot 200} = 0,010 \text{ MPa}$$
- Posudek
 $\tau_{xz,d} = 0,010 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,538 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$

c) Řez C-C



Obrázek 13 - Profil příčného řezu kleštinou v nehraněné části mezi spoji s krokvi

Prostý tah

Velikost průřezové plochy v řezu C-C je větší než v řezu A-A a tahová síla má konstantní průběh po celé délce kleštiny, stačí tedy na tah posoudit pouze řez A-A.

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -8,740 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu

$$A = 31,416 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = I_z = 71,540 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměry setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{71,540 \cdot 10^6}{31\,416}} = 47,720 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k osám y a z

$$L_{cr,y} = 3\,185 \text{ mm}$$

- Štíhlost k osám y a z

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3\,185}{47,720} = 66,744$$

- Relativní štíhlost k osám y a z

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{66,744}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 1,132$$

- Součinitel k k osám y a z

$$\begin{aligned} k_y = k_z &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,132 - 0,3) + 1,132^2] = 1,224 \end{aligned}$$

- Součinitel vzpěrnosti k_c k osám y a z

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,224 + \sqrt{1,224^2 - 1,132^2}} = 0,592$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-8\,740}{31,416 \cdot 10^3} = -0,278 \text{ MPa}$$

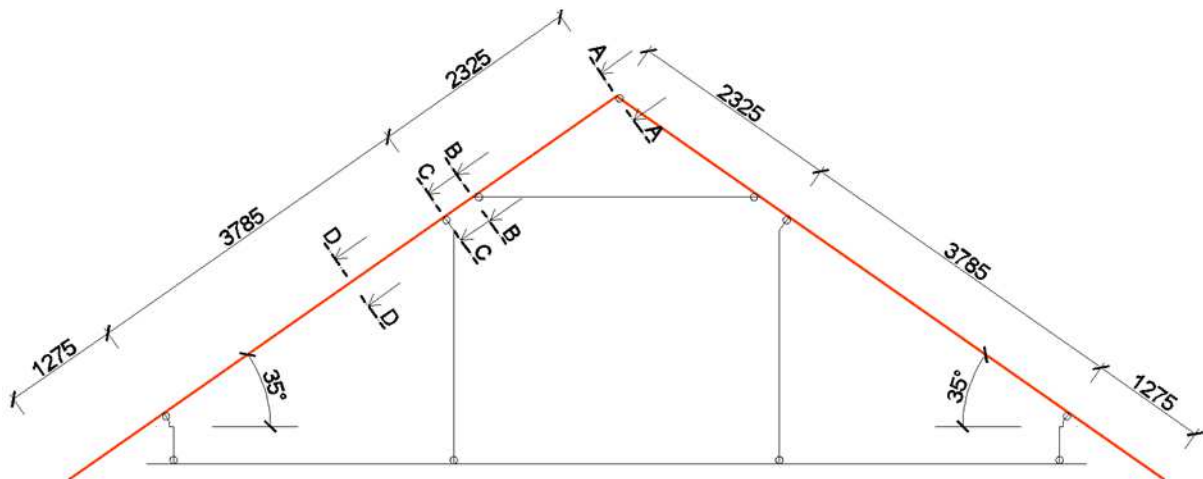
- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,278}{0,592 \cdot 11,308} = 0,042 < 1 \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Smyk

Ve středu rozpětí je velikost posouvající síly nulová, posouzení na smyk se neprovádí.

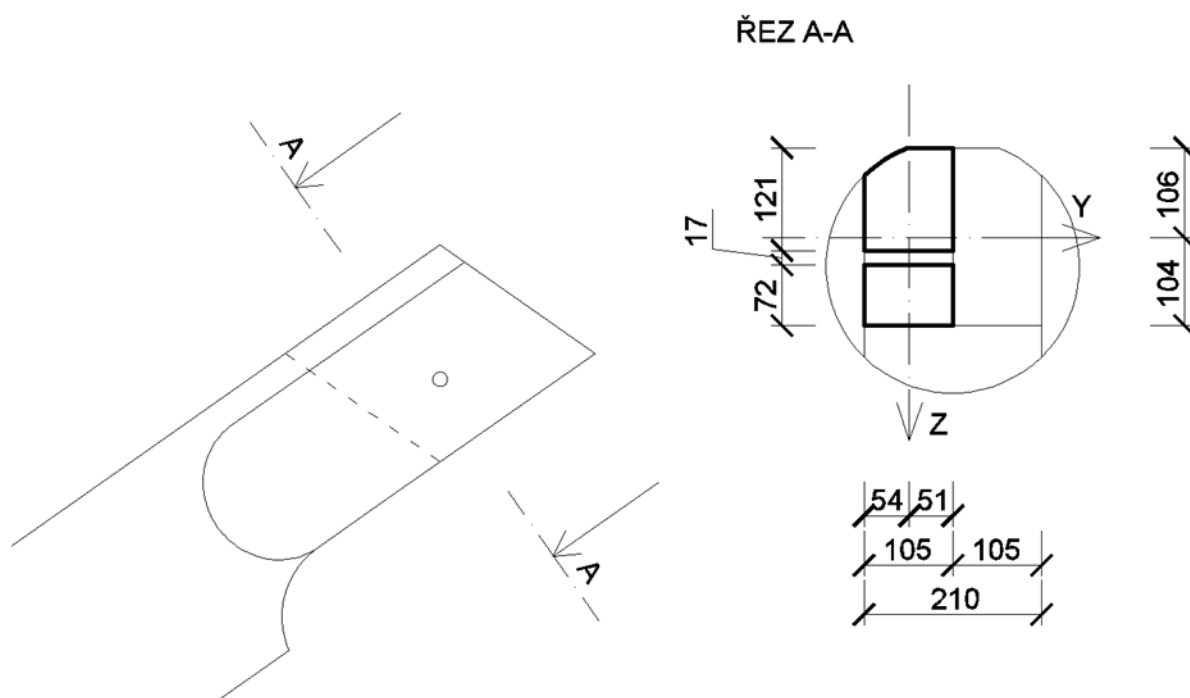
5.2 Krokve



Obrázek 14 - Statické schéma páru krokví

Jelikož se krokve stejně jako kleštiny nacházejí v interiéru i exteriéru, je pro všechny posudky bezpečně použita třída provozu 3.

a) Řez A-A



Obrázek 15 - Příčný řez krokvi v místě oslabení ve vrcholu střechy

Prostý tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximální normálové síly

$$N_{Ed} = -3,170 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 19,551 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 73,389 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{73,389 \cdot 10^6}{-106} = -0,692 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-3\,170}{19,551 \cdot 10^3} = -0,162 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 34 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-3\,170 \cdot 34}{-0,692 \cdot 10^6} = 0,156 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,162}{11,308} \right)^2 + \frac{0,156}{12,923} = 0,012 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly

$$V_{y,Ed} = 0,370 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

- Návrhová hodnota posouvající síly

$$V_{z,Ed} = -1,640 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,7 = 1,346 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,oddělená} = 10,435 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,oddělená} = 9,679 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu k osám y a z

$$y = 26,092 \text{ mm}$$

$$z = 50,156 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 10,435 \cdot 10^3 \cdot 50,156 = 0,523 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 1,090 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,100 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušné normálové síly
 $N_{Ed} = -2,110 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh-navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva} - 1 - \text{cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
 $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 12,923 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 56,581 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 343,340 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 349,286 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{343,340 \cdot 10^6}{-139,330} = -2,464 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{349,286 \cdot 10^6}{144,860} = 2,411 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-2\,110}{56,581 \cdot 10^3} = -0,037 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-1,090 \cdot 10^6}{-2,464 \cdot 10^6} = -0,442 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,100 \cdot 10^6}{2,411 \cdot 10^6} = 0,041 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,037}{11,308} \right)^2 + \frac{0,442}{12,923} + 1,0 \cdot \frac{0,041}{12,923} = 0,037$$

$$< 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -0,670 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,330 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -0,310 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 56,581 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 343,340 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 349,286 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{343,340 \cdot 10^6}{-139,330} = -2,464 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{349,286 \cdot 10^6}{144,860} = 2,411 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{-310}{56,581 \cdot 10^3} = -0,005 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-0,670 \cdot 10^6}{-2,464 \cdot 10^6} = 0,272 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,330 \cdot 10^6}{2,411 \cdot 10^6} = 0,137 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,005}{11,308} \right)^2 + \frac{0,272}{12,923} + 1,0 \cdot \frac{0,137}{12,923} = 0,032$$

$$< 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

III. Maximální tlaková normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = -11,640 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -0,430 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 56,581 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 343,340 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{343,340 \cdot 10^6}{-139,330} = -2,464 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-11\,640}{56,581 \cdot 10^3} = -0,206 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{-0,430 \cdot 10^6}{-2,464 \cdot 10^6} = 0,174 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,206}{11,308} \right)^2 + \frac{0,174}{12,923} = 0,014 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a osového tahu

I. maximální tahová normálová síla + maximální ohybové momenty k osám y a z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 0,920 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = -0,400 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,090 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 1,5 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 1 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 56,581 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Moment setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 343,340 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 349,286 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{343,340 \cdot 10^6}{-139,330} = -2,464 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{349,286 \cdot 10^6}{144,860} = 2,411 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{920}{56,581 \cdot 10^3} = 0,016 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-0,400 \cdot 10^6}{-2,464 \cdot 10^6} = 0,162 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,090 \cdot 10^6}{-2,411 \cdot 10^6} = 0,037 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,016}{7,538} + \frac{0,162}{12,923} + \frac{0,037}{12,923} = 0,018 < 1$$

→ KROKEV VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y

$$V_{y,Ed} = 1,140 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 1,50 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z

$$V_{z,Ed} = 5,130 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na střeše} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3)

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,7 = 1,346 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,\text{oddělená}} = 28,866 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 28,291 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os y a z

$$y = 69,804 \text{ mm}$$

$$z = 67,522 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 28,866 \cdot 10^3 \cdot 67,522 = 1,949 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 28,291 \cdot 10^3 \cdot 69,804 = 1,975 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k osám y a z

$$I_y = 343,340 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 349,286 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{1\,140 \cdot 1,975 \cdot 10^6}{349,286 \cdot 10^6 \cdot 107} = 0,060 \text{ MPa}$$

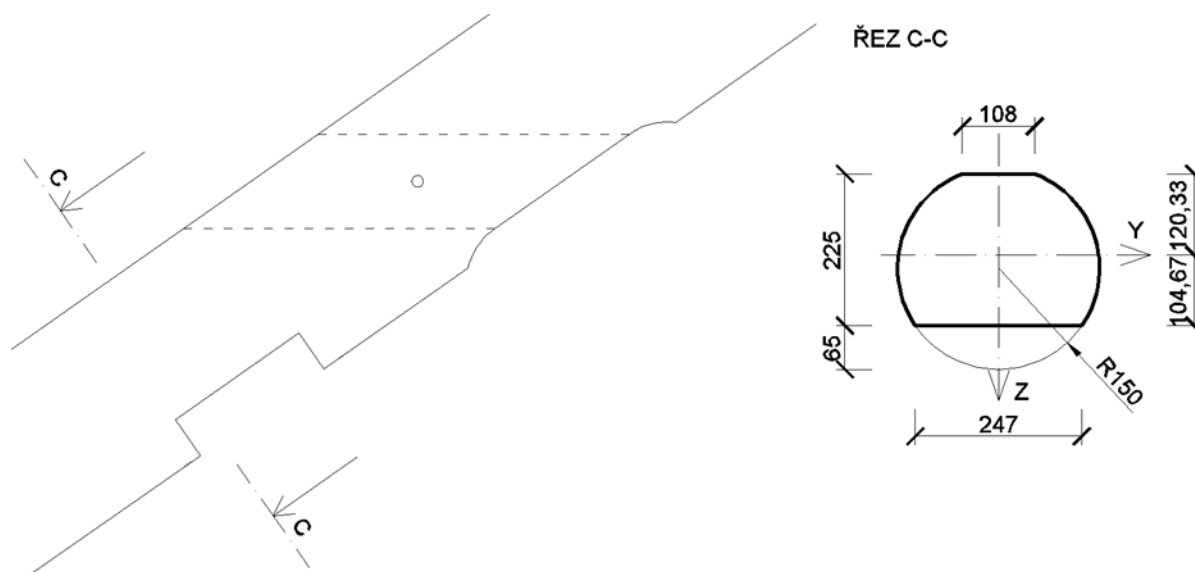
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{5\,130 \cdot 1,949 \cdot 10^6}{343,340 \cdot 10^6 \cdot 244,716} = 0,119 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,060 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,346 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,119 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,346 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

c) Řez C-C



Obrázek 17 - Příčný řez krokví v místě uložení na vaznici

Kombinace ohybu a osového tlaku

I. Maximální ohybový moment k ose y a ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu nad podporou k ose y

$$M_{y,Ed} = -2,260 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu nad podporou k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,010 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -2,300 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě} \\ \text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha} \\ \text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 3 - \text{cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 58,681 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k ose y a z

$$I_y = 216,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 360,467 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k ose y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{216,199 \cdot 10^6}{-120,330} = -1,797 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{360,467 \cdot 10^6}{150} = 2,403 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{-2\,300}{58,681 \cdot 10^3} = -0,039 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 19,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-2,260 \cdot 10^6 - 2\,300 \cdot 19,7}{-1,797 \cdot 10^6} = 1,283 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,\text{Ed}}}{W_z} = \frac{-0,010 \cdot 10^6}{2,403 \cdot 10^6} = 0,004 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,039}{11,308}\right)^2 + \frac{1,283}{12,923} + 1 \cdot \frac{0,004}{12,923} = 0,100 < 1$$

→ KROKEV VYHOVUJE

II. maximální tlaková normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = -15,380 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,770 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 58,681 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 216,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{216,199 \cdot 10^6}{-120,330} = -1,797 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-15\,380}{58,681 \cdot 10^3} = -0,262 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 19,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-1,770 \cdot 10^6 - 15\,380 \cdot 19,7}{-1,797 \cdot 10^6} = 1,154 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,262}{11,308} \right)^2 + \frac{1,154}{12,923} = 0,090 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a osového tahu

I. Maximální ohybový moment k ose y a maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 22,620 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,260 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 2 - \text{cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 58,681 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 216,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{216,199 \cdot 10^6}{-120,330} = -1,797 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{22\,620}{58,681 \cdot 10^3} = 0,385 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 19,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-1,260 \cdot 10^6 + 22\,620 \cdot 19,7}{-1,797 \cdot 10^6} = 0,453 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,385}{7,538} + \frac{0,453}{12,923} = 0,086 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 6,050 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 0,160 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -1,870 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh – nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva – 2 – cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 58,681 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 216,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 360,467 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{216,199 \cdot 10^6}{-120,330} = -1,797 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{360,467 \cdot 10^6}{150} = 2,403 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{6\,050}{58,681 \cdot 10^3} = 0,103 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 19,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{0,160 \cdot 10^6 + 6\,050 \cdot 19,7}{-1,797 \cdot 10^6} = -0,155 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-1,870 \cdot 10^6}{2,403 \cdot 10^6} = -0,778 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,103}{7,538} + \frac{0,155}{12,923} + \frac{0,778}{12,923} = 0,086 < 1$$

→ KROKEV VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou y

$$V_{y,Ed} = -1,820 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - c_{pi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z
 $V_{z,Ed} = 9,990 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
v podkroví + $1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
skladby štítu + $0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{4}{1,3} \cdot 0,7 = 2,154 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)
 $A_{y,oddělená} = 28,734 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $A_{z,oddělená} = 29,019 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os y a z
 $y = 66,421 \text{ mm}$
 $z = 52,993 \text{ mm}$
- Statické momenty oddělených částí průřezu
 $S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 28,734 \cdot 10^3 \cdot 52,993 = 1,523 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $S_z = A_{z,oddělená} \cdot y = 29,019 \cdot 10^3 \cdot 66,421 = 1,927 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
- Momenty setrvačnosti k osám y a z
 $I_y = 216,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 360,467 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{|V_{y,Ed}| \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{1\,820 \cdot 1,927 \cdot 10^6}{360,467 \cdot 10^6 \cdot 225} = 0,043 \text{ MPa}$$

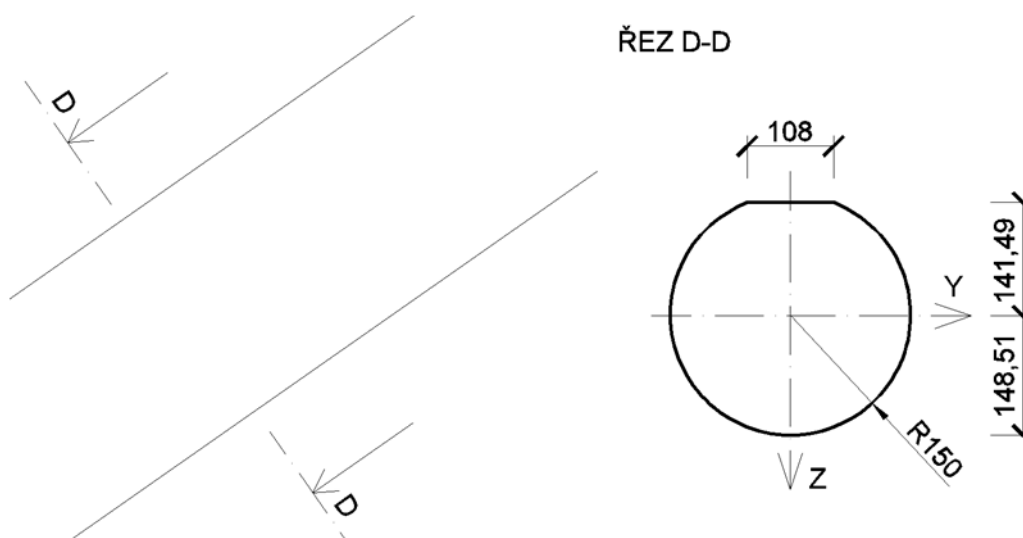
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{9\,990 \cdot 1,523 \cdot 10^6}{216,199 \cdot 10^6 \cdot 297} = 0,237 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,043 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,154 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,237 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,154 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

d) Řez D-D



Obrázek 18 - Příčný řez krokví v poli

Kombinace ohybu a osového tlaku

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 3,320 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -11,240 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 2 - c_{pi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 69,963 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{382,454 \cdot 10^6}{148,510} = 2,575 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-11\,240}{69,963 \cdot 10^3} = -0,161 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3,320 \cdot 10^6}{2,575 \cdot 10^6} = 1,289 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,161}{11,308}\right)^2 + \frac{1,289}{12,923} = 0,101 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -0,680 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,190 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -0,200 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - c_{pi} = 0,2$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 69,963 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 397,185 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{382,454 \cdot 10^6}{148,510} = 2,575 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{397,185 \cdot 10^6}{150} = 2,648 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-0,200}{69,963 \cdot 10^3} = -0,003 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-0,680 \cdot 10^6}{2,575 \cdot 10^6} = -0,264 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_y} = \frac{0,190 \cdot 10^6}{2,648 \cdot 10^6} = 0,072 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,003}{11,308} \right)^2 + \frac{0,264}{12,923} + 1,0 \cdot \frac{0,072}{12,923} = 0,026$$

$< 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$

III. Maximální tlaková normálová síla v poli

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = -15,380 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,770 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3)

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,308 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 69,963 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{382,454 \cdot 10^6}{148,510} = 2,575 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-15\,380}{69,963 \cdot 10^3} = -0,220 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-1,770 \cdot 10^6}{2,575 \cdot 10^6} = -0,687 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,220}{11,308}\right)^2 + \frac{0,687}{12,923} = 0,054 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a osového tahu

I. Maximální ohybový moment k ose y a maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly
 $N_{Ed} = 22,890 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 1,380 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh-nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkrovní} \\ + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} \\ + 0,90 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva – 2 – cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 69,963 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{382,454 \cdot 10^6}{148,510} = 2,575 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{22\,890}{69,963 \cdot 10^3} = 0,327 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{1,380 \cdot 10^6}{2,575 \cdot 10^6} = 0,536 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,327}{7,538} + \frac{0,536}{12,923} = 0,085 < 1 \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 6,060 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 0,160 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 1,860 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 7,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,7 = 12,923 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 69,963 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 397,185 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{382,454 \cdot 10^6}{148,510} = 2,575 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{397,185 \cdot 10^6}{150} = 2,648 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{6\,060}{69,963 \cdot 10^3} = 0,087 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,160 \cdot 10^6}{2,575 \cdot 10^6} = 0,062 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,860 \cdot 10^6}{2,648 \cdot 10^6} = 0,702 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,087}{7,538} + \frac{0,062}{12,923} + \frac{0,702}{12,923} = 0,071 < 1$$

→ KROKEV VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou y

$$V_{y,Ed} = -1,820 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z

$$V_{z,Ed} = 10 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 2 - \text{cpi} = 0,2$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 3)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,7 = 1,346 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,\text{oddělená}} = 35,066 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 34,981 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os y a z

$$y = 64,110 \text{ mm}$$

$$z = 62,674 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 35,066 \cdot 10^3 \cdot 62,674 = 2,198 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 34,981 \cdot 10^3 \cdot 64,110 = 2,243 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k osám y a z

$$I_y = 382,454 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 397,185 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{|V_{y,Ed}| \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{1\,820 \cdot 2,243 \cdot 10^6}{397,185 \cdot 10^6 \cdot 290} = 0,035 \text{ MPa}$$

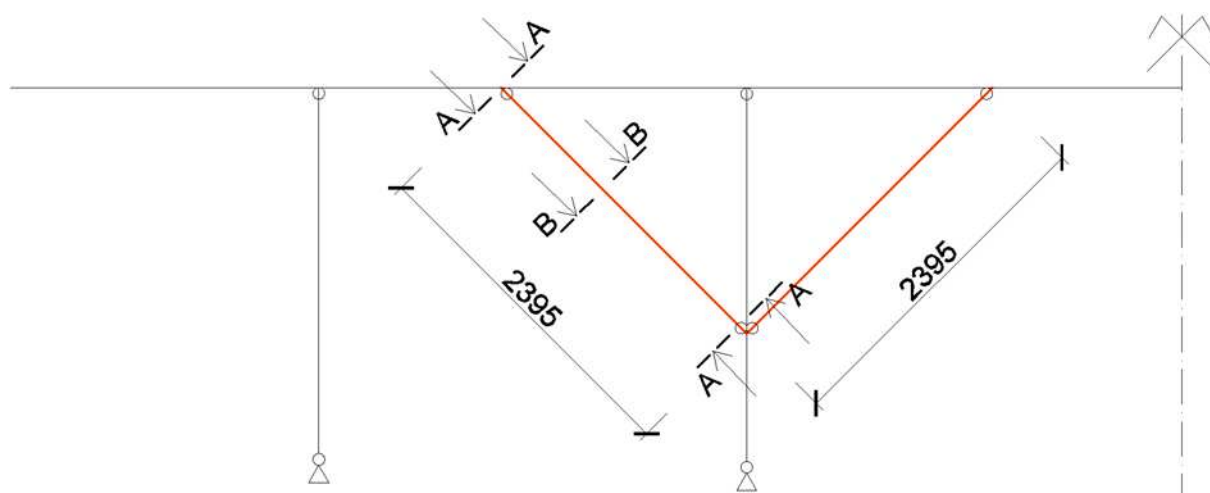
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{10\,000 \cdot 2,198 \cdot 10^6}{382,454 \cdot 10^6 \cdot 300} = 0,192 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,035 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,346 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

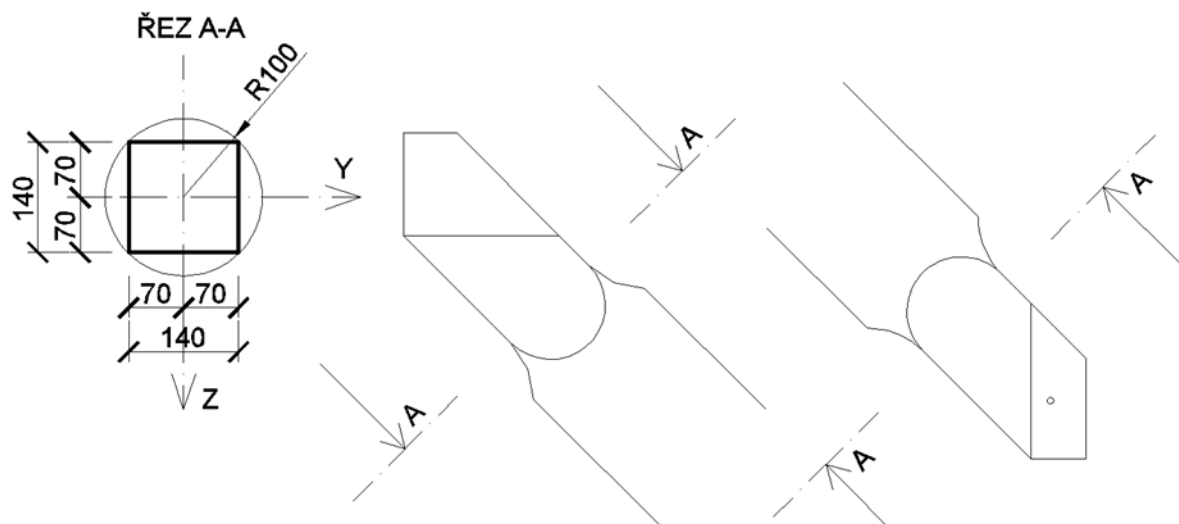
$$\tau_{xz,d} = 0,192 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,346 \text{ MPa} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

5.3 Pásek



Obrázek 19 - Statické schéma pásků

a) Řez A-A



Obrázek 20 - Detail úpravy konce pásku v místě spoje s vaznicí

Prostý tlak

Prostý tlak je posouzen v místě s nejmenší průřezovou plochou sloupku, to je v místě napojení sloupku na vaznici.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -16,280 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A = b \cdot h = 140 \cdot 140 = 19\,600 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-16\,280}{19\,600} = -0,831 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$|\sigma_{c,0,d}| = 0,831 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 14,538 \text{ MPa} \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z
 $V_{z,Ed} = 0,100 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,6$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,6 = 1,154 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Statický moment oddělené části poloviny průřezu

$$S_y = b \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4} = 140 \cdot \frac{140}{2} \cdot \frac{140}{4} = 0,343 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
- Moment setrvačnosti k ose y

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 140^3 = 32,013 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

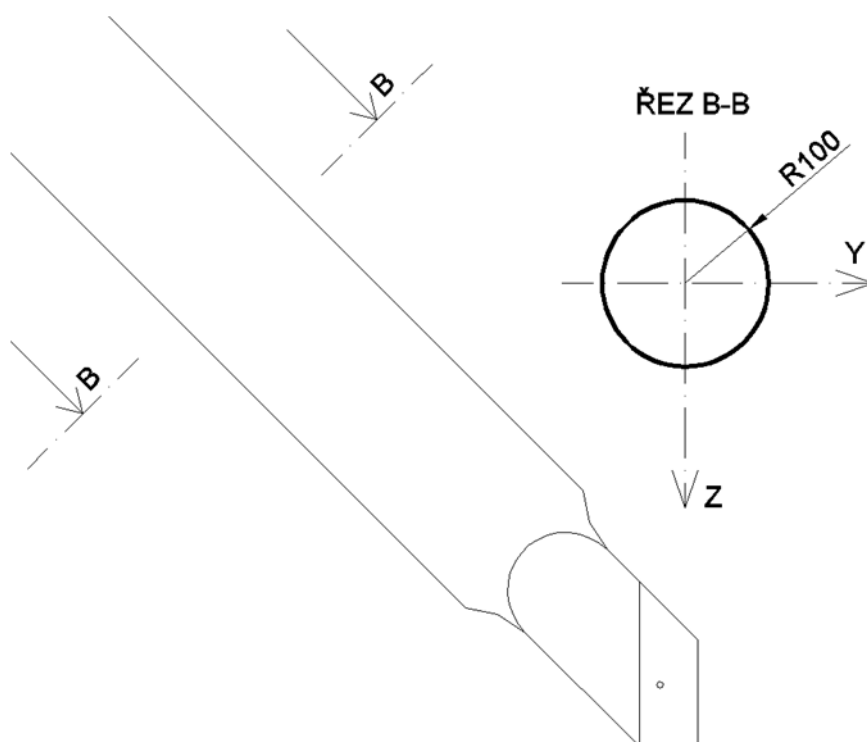
Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{100 \cdot 0,343 \cdot 10^6}{32,013 \cdot 10^6 \cdot 140} = 0,001 \text{ MPa}$$
- Posudek

$$\tau_{xz,d} = 0,001 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,154 \text{ MPa} \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 21 - Profil příčného řezu páskem

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly
 $N_{Ed} = -16,280 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu

$$A = 31,415 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = I_z = 78,540 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměr setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{78,540 \cdot 10^6}{31,415 \cdot 10^3}} = 50 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k osám y a z

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2\,395 \text{ mm}$$

- Štíhlost k osám y a z

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2\,395}{50} = 47,9$$

- Relativní štíhlost k osám y a z

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{47,9}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 0,812$$

- Součinitel k k osám y a z

$$k_y = k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,812 - 0,3) + 0,812^2] = 0,881$$

- Součinitel vzpěrnosti k_c k osám y a z

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,881 + \sqrt{0,881^2 - 0,812^2}} = 0,818$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-16\,280}{31,415 \cdot 10^3} = -0,518 \text{ MPa}$$

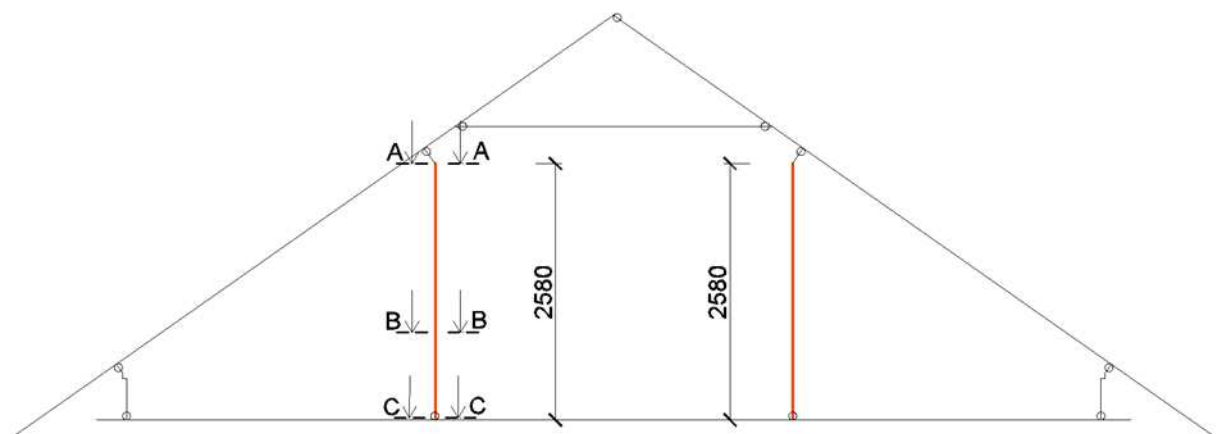
- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,518}{0,818 \cdot 14,538} = 0,044 < 1 \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

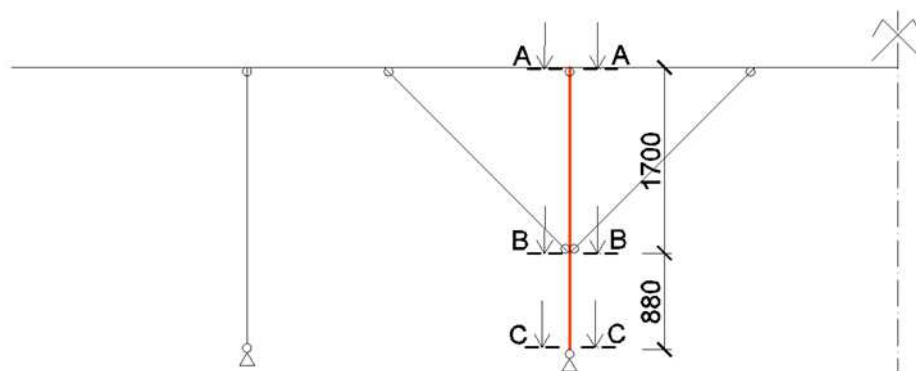
Smyk

Vzhledem k méně příznivým průřezovým charakteristikám. Jelikož jsou v řezu B-B méně příznivé průřezové charakteristiky a menší posouvající síla proti řezu A-A, stačí posoudit řez A-A.

5.4 Sloupek



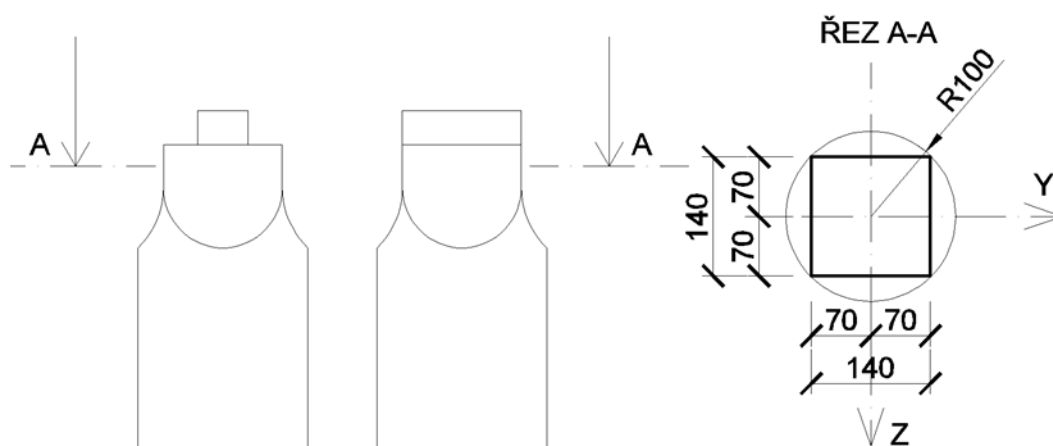
a) pohled v příčném směru krovu



b) pohled v podélném směru krovu

Obrázek 22 - Statické schéma sloupku

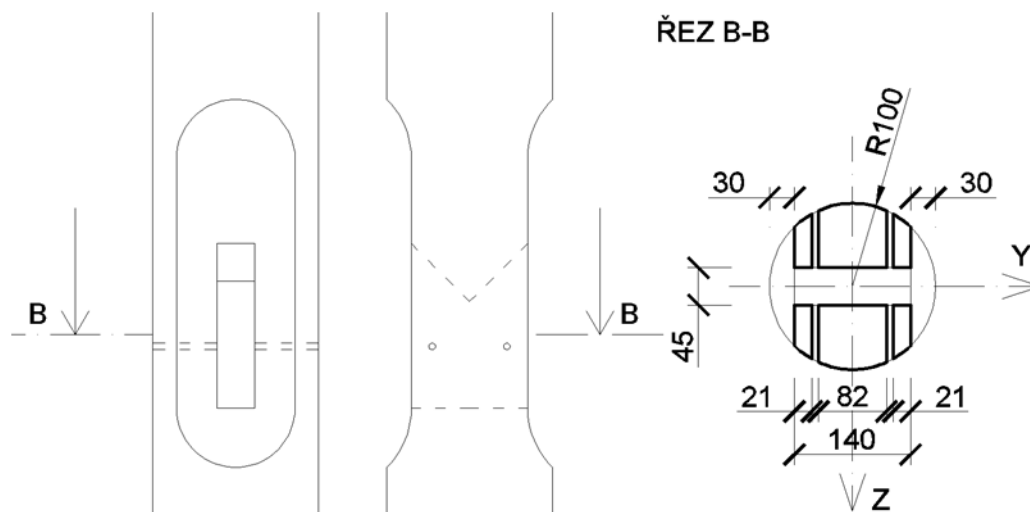
a) Řez A-A



Obrázek 23 - Profil příčného řezu sloupkem v místě spoje s vaznicí

Jelikož je řez A-A shodný s řezem C-C a větší normálové a posouvající síly vznikají v místě řezu C-C, nejsou v tomto řezu A-A provedeny posudky na smyk a prostý tlak, jsou tedy provedeny pouze v řezu C-C.

b) Řez B-B



Obrázek 24 - Detail úpravy sloupku v místě spoje s pásky

Vzpěrný tlak

Vzhledem k zanedbatelným velikostem ohybových momentů v tomto místě je posudek proveden pouze pro kombinaci maximální tlakové normálové síly a příslušných ohybových momentů.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly
 $N_{Ed} = -35,110 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 0,270 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = -0,550 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
 $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$
- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny
 $E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu
 $A = 17,069 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 63,730 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 23,650 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{63,730 \cdot 10^6}{16\,929}} = 61,104 \text{ mm}$$

- Vzdálenost krajních vláken od těžišťové osy y

$$z = 100 \text{ mm}$$

- Vzdálenost krajních vláken od těžišťové osy z

$$y = 70 \text{ mm}$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{63,730 \cdot 10^6}{100} = 0,637 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Modul průřezu k ose z

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{23,650 \cdot 10^6}{70} = 0,338 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k ose y

$$L_{cr,y} = 2\,580 \text{ mm}$$

- Štíhlost k ose y

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2\,580}{61,104} = 42,223$$

- Relativní štíhlost k ose y

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{42,223}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 0,716$$

- Součinitel k_y

$$\begin{aligned} k_y &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,716 - 0,3) + 0,716^2] = 0,798 \end{aligned}$$

- Součinitel vzpěrnosti $k_{c,y}$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,798 + \sqrt{0,798^2 - 0,716^2}} = 0,869$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-35\,110}{17,069 \cdot 10^3} = -2,057 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,270 \cdot 10^6}{0,637 \cdot 10^6} = 0,424 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,550 \cdot 10^6}{0,338 \cdot 10^6} = -1,627 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m pro jiné než obdélníkové průřezy

$$k_m = 1,0$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{2,057}{0,869 \cdot 14,538} + \frac{0,424}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{1,627}{16,615} = 0,286$$

$$< 1 \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0,530 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = -0,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plochy oddělených částí průřezu k ose y a z

$$A_{y,\text{oddělená}} = 8,535 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 8,535 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os y a z

$$y = 31,118 \text{ mm}$$

$$z = 57,474 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu k ose y a z

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 8,535 \cdot 10^3 \cdot 57,474 = 0,491 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 8,535 \cdot 10^3 \cdot 31,118 = 0,266 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k ose y a z

$$I_y = 63,730 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 23,650 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{530 \cdot 0,266 \cdot 10^6}{23,650 \cdot 10^6 \cdot 155} = 0,038 \text{ MPa}$$

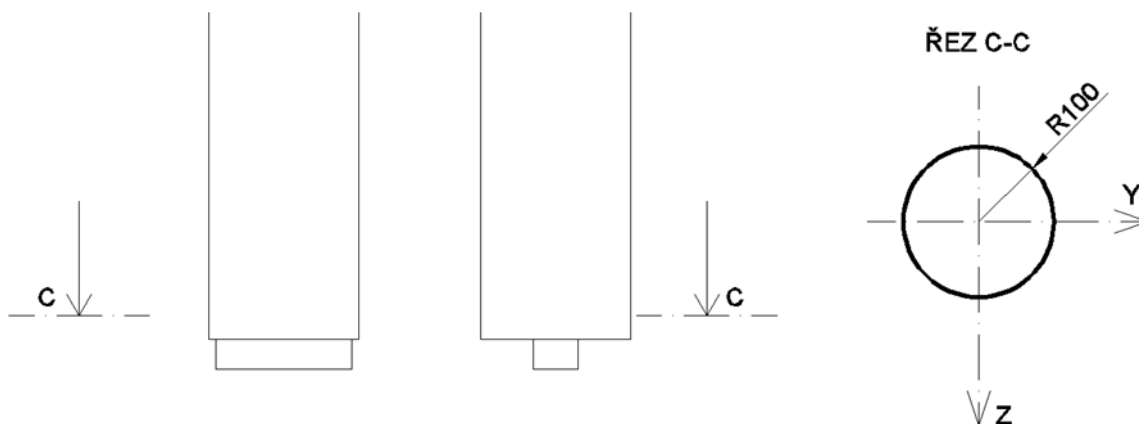
$$\tau_{xz,d} = \frac{|V_{z,Ed}| \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{230 \cdot 0,491 \cdot 10^6}{63,730 \cdot 10^6 \cdot 124} = 0,014 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,038 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,014 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

c) Řez C-C



Obrázek 25 - Detail úpravy sloupku v místě spoje se stropním trámem

Prostý tlak

Prostý tlak je posouzen v místě s nejmenší průřezovou plochou sloupku, to je v místě napojení sloupku na vaznici.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -35,280 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 100^2 = 31\,416 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-35\,280}{31\,416} = -1,123 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$|\sigma_{c,0,d}| = 1,123 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 14,538 \text{ MPa} \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0,530 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plochy oddělených částí průřezu

$$A_{y,\text{oddělená}} = A_{z,\text{oddělená}} = 15,708 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu k osám y a z

$$y = z = 42,441 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu k osám y a z

$$S_y = S_z = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 15,708 \cdot 10^3 \cdot 42,441 = 0,667 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k osám y a z

$$I_y = I_z = 78,540 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

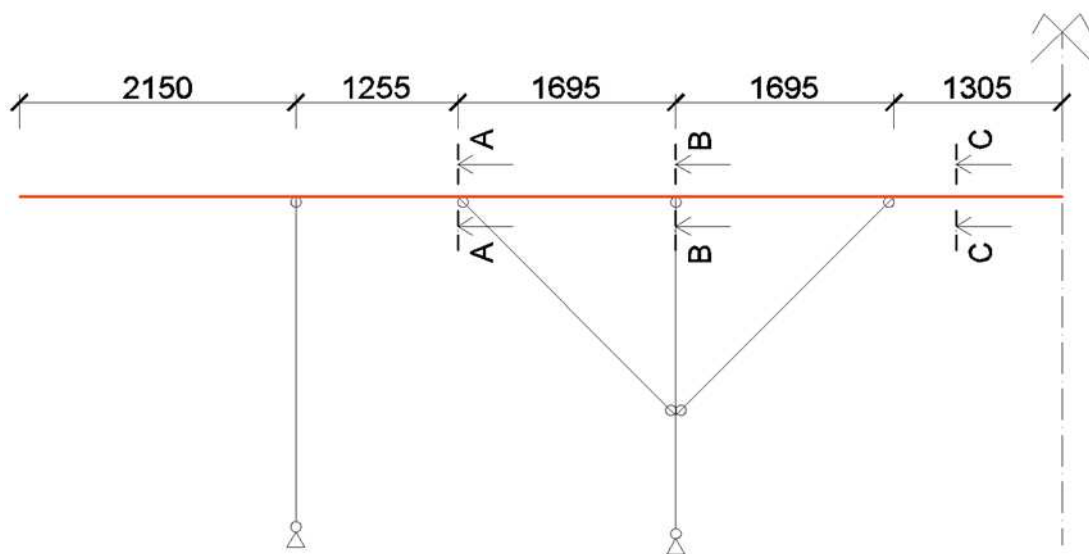
- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{530 \cdot 0,667 \cdot 10^6}{78,540 \cdot 10^6 \cdot 200} = 0,022 \text{ MPa}$$

- Posudek

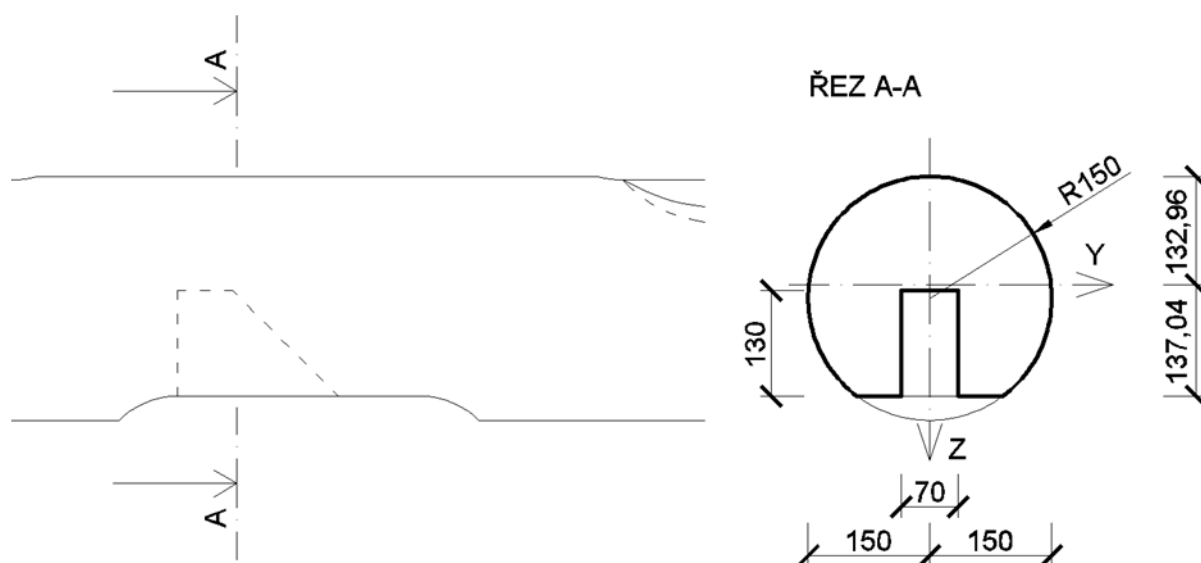
$$\tau_{xy,d} = 0,022 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

5.5 Vaznice



Obrázek 26 - Statické schéma vaznice

a) Řez A-A



Obrázek 27 - Příčný řez vaznicí v místě spojení s páskem

Kombinace ohybu a osového tahu

I. Maximální ohybový moment k ose y a maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,840 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,820 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 18,590 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 57,907 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 276,025 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 387,779 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{276,025 \cdot 10^6}{137,07} = 2,014 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{387,779 \cdot 10^6}{150} = 2,585 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{18\,590}{57,907 \cdot 10^3} = 0,321 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 14,5 \text{ mm}$$

- Návrhová napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-1,840 \cdot 10^6 + 18\,590 \cdot 14,5}{2,014 \cdot 10^6} = -0,780 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,\text{Ed}}}{W_z} = \frac{0,820 \cdot 10^6}{2,585 \cdot 10^6} = 0,331 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,321}{9,692} + \frac{0,780}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,331}{16,615} = 0,100 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,850 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,850 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 18,360 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 2 - \text{cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 57,907 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 276,025 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 387,779 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{276,025 \cdot 10^6}{137,07} = 2,014 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{387,779 \cdot 10^6}{150} = 2,585 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{18\,360}{57,907 \cdot 10^3} = 0,317 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 14,5 \text{ mm}$$

- Návrhová napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-1,850 \cdot 10^6 + 18\,360 \cdot 14,5}{2,014 \cdot 10^6} = -0,786 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,850 \cdot 10^6}{2,585 \cdot 10^6} = 0,343 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,317}{9,692} + \frac{0,786}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,343}{16,615} = 0,101 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly k ose y

$$V_{y,Ed} = -0,890 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení pro $V_{y,Ed}$

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{navátý zleva} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 2 - \text{cpi} = -0,3$$

- Návrhová hodnota posouvající síly k ose z

$$V_{z,Ed} = -6,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení pro $V_{z,Ed}$

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 2 - \text{cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,oddělená} = 30,243 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,oddělená} = 28,954 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os

$$y = 72,785 \text{ mm}$$

$$z = 55,926 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 30,243 \cdot 10^3 \cdot 55,926 = 1,691 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z, \text{oddělená}} \cdot y = 28,954 \cdot 10^3 \cdot 72,785 = 2,107 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti

$$I_y = 276,025 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 387,779 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smyková napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{|V_{y,Ed}| \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{890 \cdot 2,107 \cdot 10^6}{387,779 \cdot 10^6 \cdot 140} = 0,035 \text{ MPa}$$

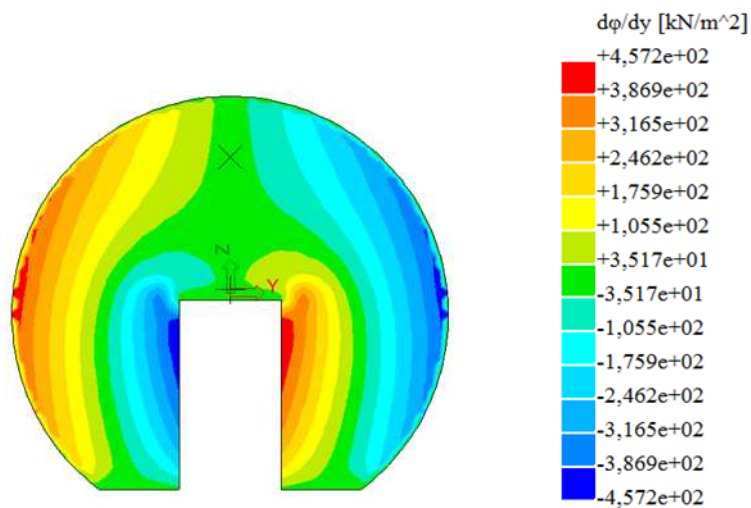
$$\tau_{xz,d} = \frac{|V_{z,Ed}| \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{6\,230 \cdot 1,691 \cdot 10^6}{276,025 \cdot 10^6 \cdot 298} = 0,128 \text{ MPa}$$

- Posudek

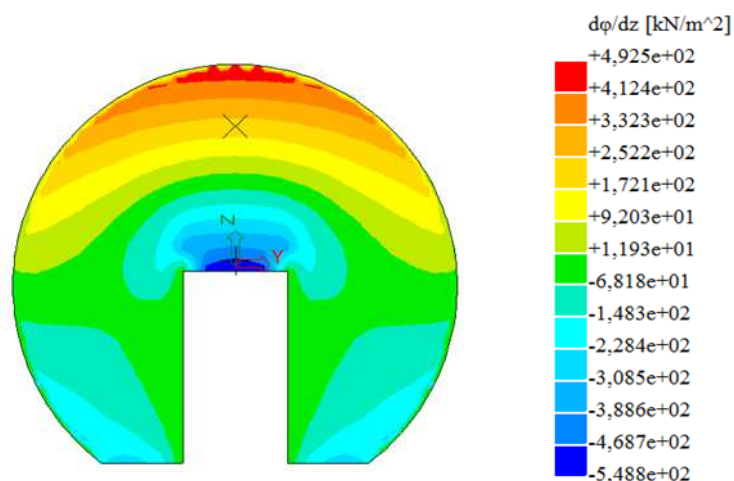
$$\tau_{xy,d} = 0,035 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,128 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

Kroucení



Obrázek 28 - Sklon $d\phi/dy$ funkce krouticího napětí



Obrázek 29 - Sklon $d\phi/dz$ funkce krouticího napětí

Sklopy $d\phi/dy$ a $d\phi/dz$ funkce krouticího napětí jsou počítány podle dvou navzájem kolmých os y a z , které ale nejsou totožné s osami y a z uvedenými na obrázku 27. Jde tedy o pootočenou dvojici os y a z , vzhledem k jedné z nichž je sklon funkce napětí největší.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota krouticího momentu

$$M_{x,Ed} = -2,580 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Posouzení

- Krouticí napětí od jednotkového krouticího momentu

$$\tau_{\text{tor},xy,\text{unit}} = 0,549 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},xz,\text{unit}} = 0,457 \text{ MPa}$$

- Návrhové krouticí napětí od krouticího momentu $M_{x,\text{Ed}}$

$$\tau_{\text{tor},xy,d} = \tau_{\text{tor},xy,\text{unit}} \cdot M_{x,\text{Ed}} = 0,549 \cdot 2,580 = 1,414 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},xz,d} = \tau_{\text{tor},xz,\text{unit}} \cdot M_{x,\text{Ed}} = 0,457 \cdot 2,580 = 1,179 \text{ MPa}$$

- Součinitel závislý na tvaru průřezu

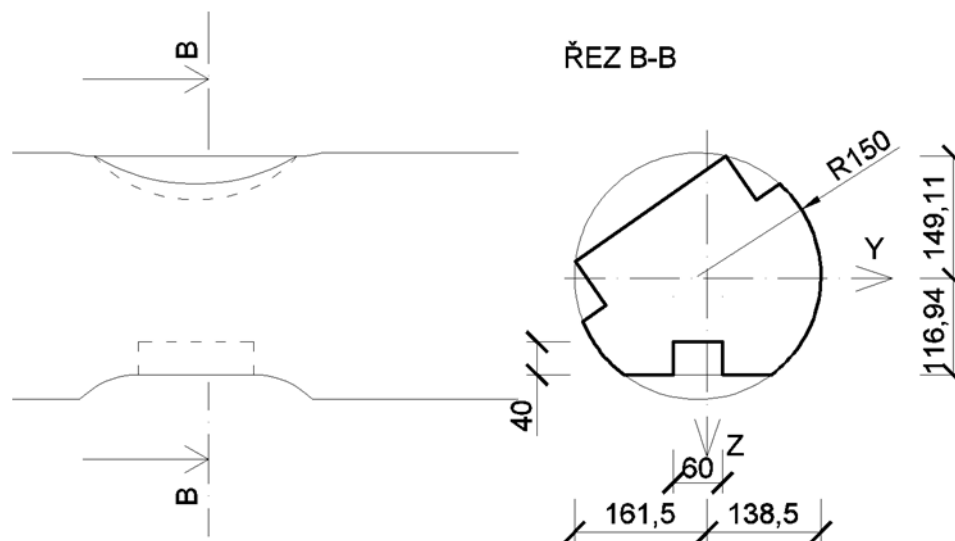
$$k_{\text{shape}} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\tau_{\text{tor},xy,d}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d}} = \frac{1,414}{1,0 \cdot 1,731} = 0,817 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_{\text{tor},xz,d}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d}} = \frac{1,179}{1,0 \cdot 1,731} = 0,681 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 30 - Příčný řez vaznicí v místě spojení se sloupkem

Kombinace ohybu a osového tlaku

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y
$$M_{y,Ed} = -20,000 \text{ kNm}$$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
$$M_{z,Ed} = 4,290 \text{ kNm}$$
- Návrhová hodnota příslušné normálové síly
$$N_{Ed} = -0,120 \text{ kN}$$
- Rozhodující kombinace zatížení
$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v ohybu
$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,16} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-120}{54,191 \cdot 10^3} = -0,002 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 3,1 \text{ mm}$$

$$e_z = 11,5 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-20,000 \cdot 10^6 - 120 \cdot 3,1}{-1,406 \cdot 10^6} = 14,225 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{4,290 \cdot 10^6 - 120 \cdot 11,5}{-1,804 \cdot 10^6} = -2,378 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitel k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,002}{14,538} \right)^2 + \frac{14,225}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{2,378}{16,615} = 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -20,050 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 4,240 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -0,150 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,16} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-150}{54,191 \cdot 10^3} = -0,003 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 3,1 \text{ mm}$$

$$e_z = 11,5 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-20,050 \cdot 10^6 - 150 \cdot 3,1}{-1,406 \cdot 10^6} = 14,256 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{4,240 \cdot 10^6 - 150 \cdot 11,5}{-1,804 \cdot 10^6} = -2,349 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,003}{14,538} \right)^2 + \frac{14,256}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{2,349}{16,615} = 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

III. Maximální tlaková normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -19,410 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 4,200 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = -0,190 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,16} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-190}{54,191 \cdot 10^3} = -0,004 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 3,1 \text{ mm}$$

$$e_z = 11,5 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-19,410 \cdot 10^6 - 190 \cdot 3,1}{-1,406 \cdot 10^6} = 13,801 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{4,200 \cdot 10^6 - 190 \cdot 11,5}{-1,804 \cdot 10^6} = -2,328 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitel k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,004}{14,538} \right)^2 + \frac{13,801}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{2,328}{16,615} = 0,971$$

$< 1 \rightarrow$ VAZNICE VYHOVUJE

Kombinace ohybu a osového tahu

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = -20 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = -4,3 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušné normálové síly
 $N_{Ed} = 0,030 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,16} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-20 \cdot 10^6}{-1,406 \cdot 10^6} = 14,220 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-4,3 \cdot 10^6}{-1,804 \cdot 10^6} = 2,383 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitel k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{14,220}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{2,383}{16,615} = 0,999 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -19,500 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -4,840 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,010 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,16} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-19,500 \cdot 10^6}{-1,406 \cdot 10^6} = 13,865 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-4,840 \cdot 10^6}{-1,804 \cdot 10^6} = 2,682 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{13,865}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{2,682}{16,615} = 0,996 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

III. Maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -1,410 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 1,110 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximální normálové síly

$$N_{Ed} = 18,180 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,191 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{205,256 \cdot 10^6}{-145,940} = -1,406 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{301,616 \cdot 10^6}{-167,160} = -1,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{18\,180}{54,191 \cdot 10^3} = 0,335 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 3,1 \text{ mm}$$

$$e_z = 11,5 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-1,410 \cdot 10^6 + 18\,180 \cdot 3,1}{-1,406 \cdot 10^6} = 0,962 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{1,110 \cdot 10^6 + 21\,170 \cdot 11,5}{-1,804 \cdot 10^6} = -0,731 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,335}{9,692} + \frac{0,962}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,731}{16,615} = 0,137 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly k ose y
 $V_{y,Ed} = 5,080 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení pro $V_{y,Ed}$
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$
- Návrhová hodnota posouvající síly k ose z
 $V_{z,Ed} = -14,990 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení pro $V_{z,Ed}$
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost ve smyku
$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)
 $A_{y,oddělená} = 27,010 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $A_{z,oddělená} = 28,092 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os
 $y = 61,750 \text{ mm}$
 $z = 52,114 \text{ mm}$
- Statické momenty oddělených částí průřezu
 $S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 27,010 \cdot 10^3 \cdot 52,114 = 1,408 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$$S_z = A_{z, \text{oddělená}} \cdot y = 28,092 \cdot 10^3 \cdot 61,750 = 1,735 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti

$$I_y = 205,256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 301,616 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smyková napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{5\,080 \cdot 1,735 \cdot 10^6}{301,616 \cdot 10^6 \cdot 210,128} = 0,139 \text{ MPa}$$

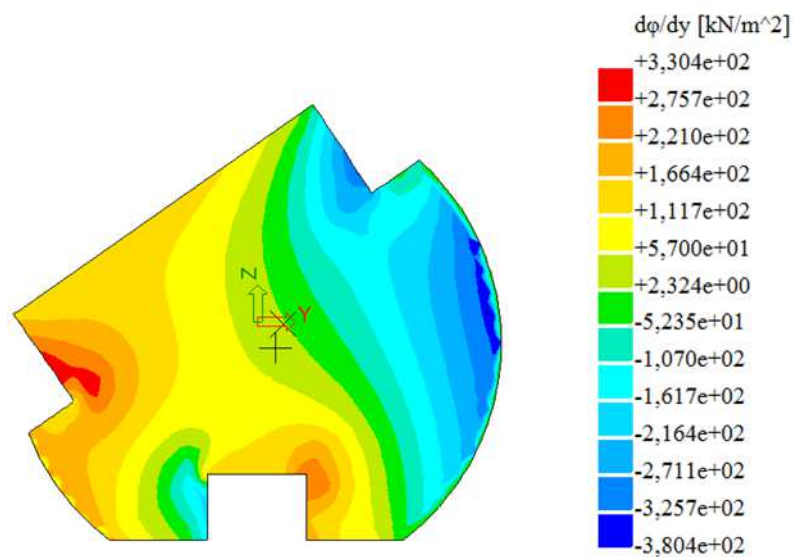
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{14\,990 \cdot 1,408 \cdot 10^6}{205,256 \cdot 10^6 \cdot 284,310} = 0,362 \text{ MPa}$$

- Posudek

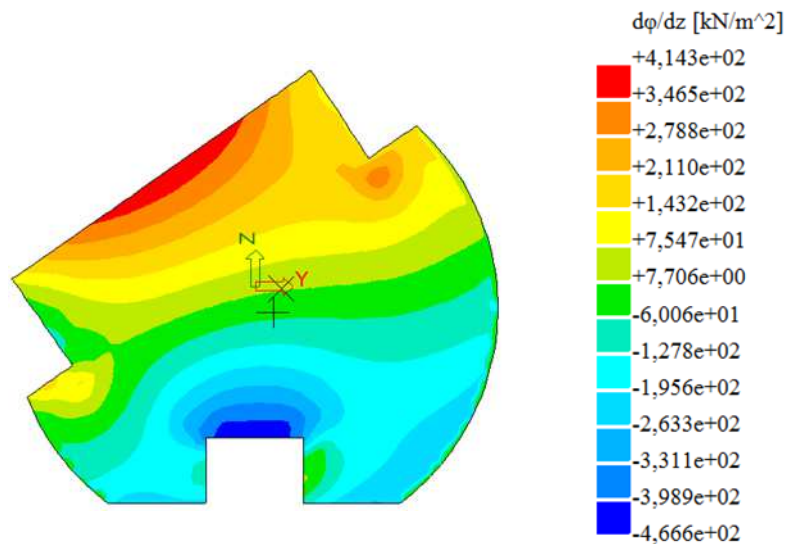
$$\tau_{xy,d} = 0,139 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,362 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

Kroucení



Obrázek 31 - Sklon $d\phi/dy$ funkce krouticího napětí z programu Scia Engineer



Obrázek 32 - Sklon $d\phi/dz$ funkce krouticího napětí z programu Scia Engineer

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota krouticího momentu
 $M_{x,Ed} = 2,580 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Posouzení

- Krouticí napětí od jednotkového krouticího momentu
 $\tau_{tor,xy,unit} = 0,467 \text{ MPa}$
 $\tau_{tor,xz,unit} = 0,380 \text{ MPa}$

- Návrhové krouticí napětí od krouticího momentu $M_{x,Ed}$

$$\tau_{tor,xy,d} = \tau_{tor,xy,unit} \cdot M_{x,Ed} = 0,467 \cdot 2,580 = 1,205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,xz,d} = \tau_{tor,xz,unit} \cdot M_{x,Ed} = 0,380 \cdot 2,580 = 0,980 \text{ MPa}$$

- Součinitel závislý na tvaru průřezu

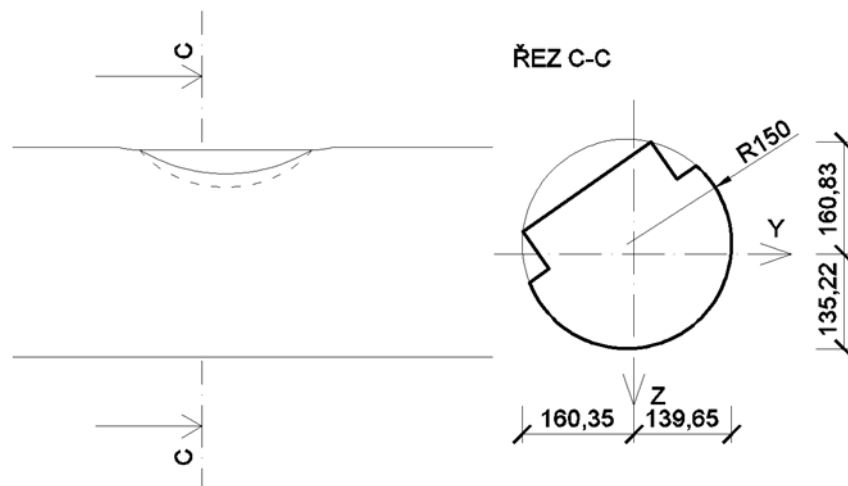
$$k_{shape} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\tau_{tor,xy,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{1,205}{1,0 \cdot 1,731} = 0,696 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_{tor,xz,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{0,980}{1,0 \cdot 1,731} = 0,566 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

c) Řez C-C



Obrázek 33 - Příčný řez vaznicí v poli mezi podepření sloupky a pásy

Kombinace ohybu a osového tlaku

- I. Maximální ohybový moment k ose y, maximální ohybový moment k ose z a maximální tlaková normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -5,300 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,390 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota maximální normálové síly
 $N_{Ed} = -0,190 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -$
 $0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2)}$
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 60,279 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 281,451 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 309,231 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{281,451 \cdot 10^6}{-157,610} = -1,786 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{309,231 \cdot 10^6}{-165,200} = -1,872 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-190}{60,279 \cdot 10^3} = -0,003 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 14,8 \text{ mm}$$

$$e_z = 10,4 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{-5,300 \cdot 10^6 + (-190) \cdot 14,8}{-1,786 \cdot 10^6} = 2,970 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{0,390 \cdot 10^6 + (-190) \cdot 10,4}{-1,872 \cdot 10^6} = -0,208 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{|\sigma_{t,0,d}|}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,003}{9,692} + \frac{2,970}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,208}{16,615} = 0,677 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

Kombinace ohybu a osového tahu

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -5,310 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0,330 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,030 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,9$ (třída provozu 2)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 60,279 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 281,451 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 309,231 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{281,451 \cdot 10^6}{-157,610} = -1,786 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{309,231 \cdot 10^6}{-165,200} = -1,872 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-5,310 \cdot 10^6}{-1,786 \cdot 10^6} = 2,974 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,330 \cdot 10^6}{-1,872 \cdot 10^6} = -0,176 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{2,974}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{-0,176}{16,615} = 0,190 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 0,910 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota maximálního ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -1,070 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 18,160 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Víteř - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 60,279 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 281,451 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 309,231 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{281,451 \cdot 10^6}{-157,610} = -1,786 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{309,231 \cdot 10^6}{-165,200} = -1,872 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{18\,160}{60,279 \cdot 10^3} = 0,301 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 14,8 \text{ mm}$$

$$e_z = 10,4 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{0,910 \cdot 10^6 + 18\,160 \cdot 14,8}{-1,786 \cdot 10^6} = -0,660 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{-1,070 \cdot 10^6 + 18\,160 \cdot 10,4}{-1,872 \cdot 10^6} = 0,471 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,301}{9,692} + \frac{-0,660}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,471}{16,615} = 0,099 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

III. Maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 0,390 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,840 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota maximální normálové síly
 $N_{Ed} = 18,590 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 60,279 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 281,451 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 309,231 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{281,451 \cdot 10^6}{-157,610} = -1,786 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{309,231 \cdot 10^6}{-165,200} = -1,872 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{18\,590}{60,279 \cdot 10^3} = 0,308 \text{ MPa}$$

- excentricity normálové síly k osám y a z

$$e_y = 14,8 \text{ mm}$$

$$e_z = 10,4 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{0,390 \cdot 10^6 + 18\,590 \cdot 14,8}{-1,786 \cdot 10^6} = -0,372 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_z}{W_z} = \frac{0,840 \cdot 10^6 + 18\,590 \cdot 10,4}{-1,872 \cdot 10^6} = -0,552 \text{ MPa}$$

- Hodnota součinitele k_m

$$k_m = 1$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,308}{9,692} + \frac{0,372}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,552}{16,615} = 0,087 < 1$$

→ VAZNICE VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly k ose y

$$V_{y,Ed} = 5,430 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$
- Návrhová hodnota posouvající síly k ose z
 $V_{z,Ed} = 14,640 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2)
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)
 $A_{oddělená,y} = 30,299 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $A_{oddělená,z} = 30,658 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os
 $y = 59,400 \text{ mm}$
 $z = 57,576 \text{ mm}$
- Statické momenty oddělených částí průřezu
 $S_y = A_{oddělená,y} \cdot z = 30,299 \cdot 10^3 \cdot 57,576 = 1,744 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $S_z = A_{oddělená,z} \cdot y = 30,658 \cdot 10^3 \cdot 59,400 = 1,821 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
- Momenty setrvačnosti
 $I_y = 281,451 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 309,231 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Posouzení

- Smyková napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{5\,430 \cdot 1,821 \cdot 10^6}{309,231 \cdot 10^6 \cdot 278,967} = 0,115 \text{ MPa}$$

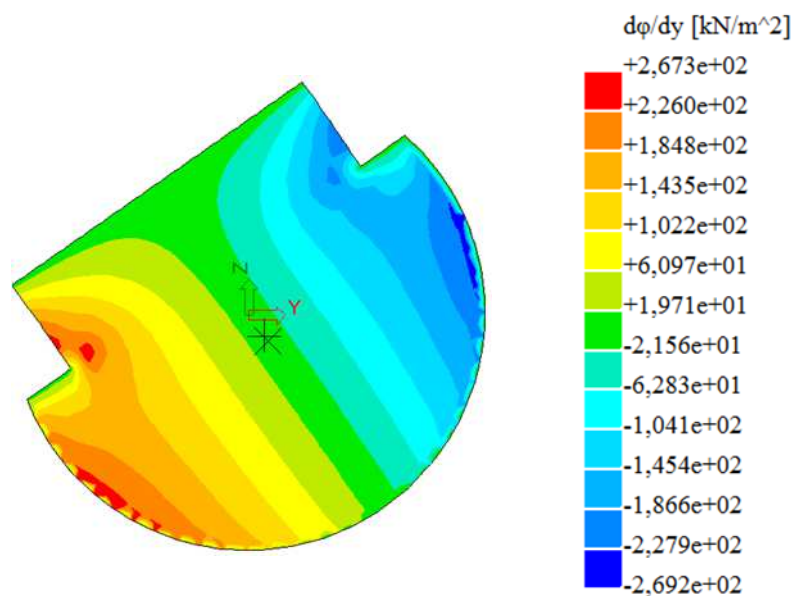
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{14\,640 \cdot 1,744 \cdot 10^6}{281,451 \cdot 10^6 \cdot 275,406} = 0,329 \text{ MPa}$$

- Posudek

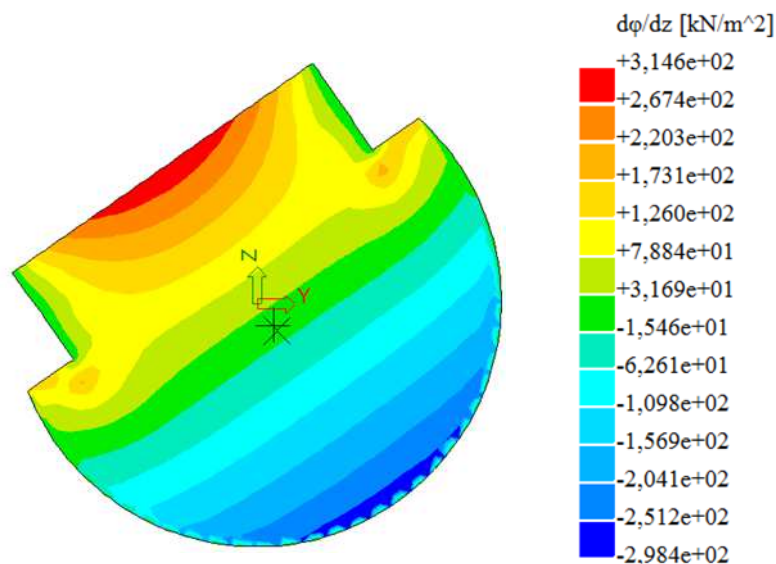
$$\tau_{xy,d} = 0,115 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,329 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

Kroucení



Obrázek 34 - Sklon $d\phi/dy$ funkce krouticího napětí



Obrázek 35 - Sklon $d\phi/dz$ funkce krouticího napětí

Sklopy $d\phi/dy$ a $d\phi/dz$ funkce krouticího napětí jsou počítány podle dvou navzájem kolmých os y a z , které ale nejsou totožné s osami y a z uvedenými na obrázku 33. Jde tedy o stejný případ jako v případě kroucení v řezu A-A.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota krouticího momentu

$$M_{x,Ed} = 2,580 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele
- $$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Posouzení

- Krouticí napětí od jednotkového krouticího momentu

$$\tau_{\text{tor,xy,unit}} = 0,315 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor,xz,unit}} = 0,269 \text{ MPa}$$

- Návrhové krouticí napětí od krouticího momentu $M_{x,\text{Ed}}$

$$\tau_{\text{tor,xy,d}} = \tau_{\text{tor,xy,unit}} \cdot M_{x,\text{Ed}} = 0,315 \cdot 2,580 = 0,813 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor,xz,d}} = \tau_{\text{tor,xz,unit}} \cdot M_{x,\text{Ed}} = 0,269 \cdot 2,580 = 0,694 \text{ MPa}$$

- Součinitel závislý na tvaru průřezu

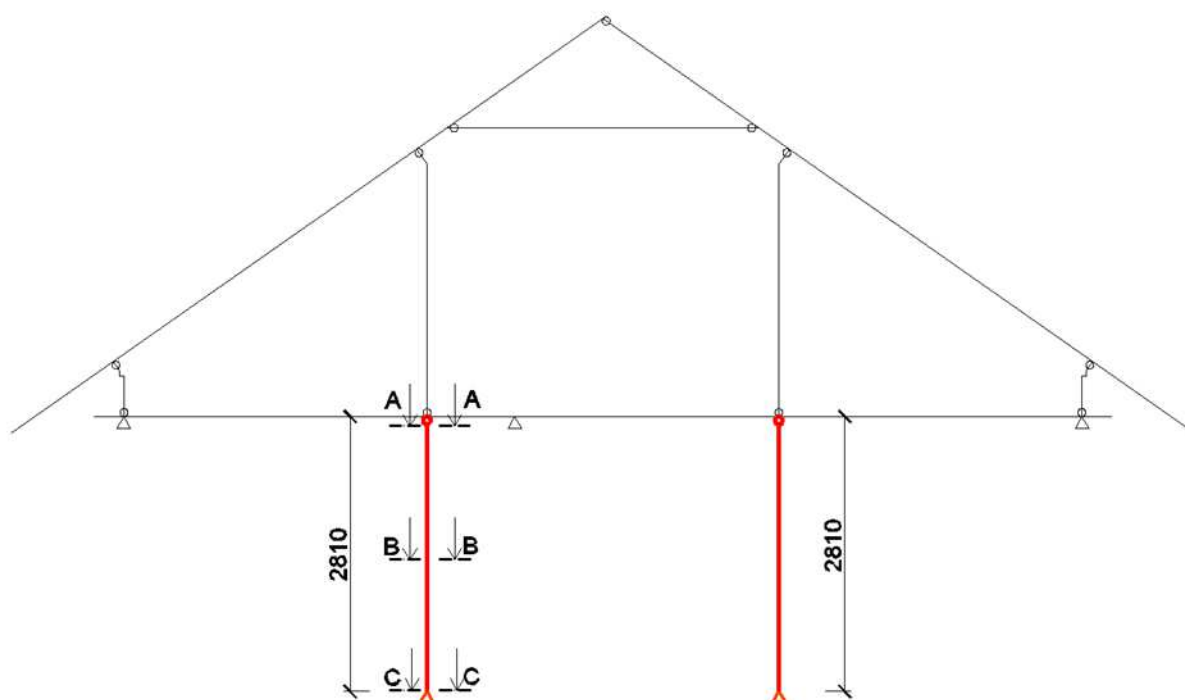
$$k_{\text{shape}} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\tau_{\text{tor,xy,d}}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d}} = \frac{0,813}{1,0 \cdot 1,731} = 0,470 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

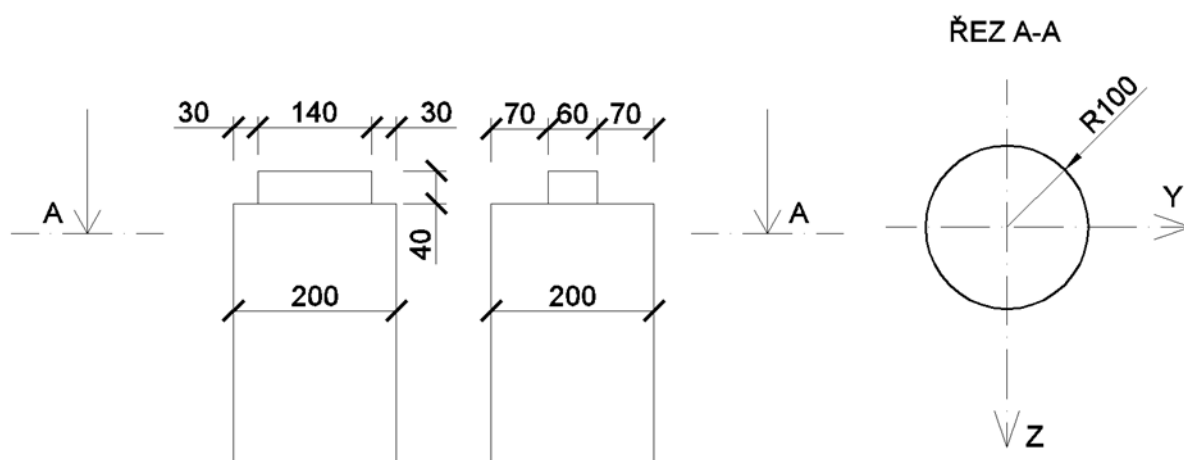
$$\frac{\tau_{\text{tor,xz,d}}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d}} = \frac{0,694}{1,0 \cdot 1,731} = 0,401 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

5.6 Sloup



Obrázek 36 - Statické schéma sloupů

a) Řez A-A



Obrázek 37 - Příčný řez sloupem v místě spoje se stropním trámem

Prostý tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -45,070 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 100^2 = 31\,416 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-45\,070}{31\,416} = -1,435 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} = \frac{1,435}{14,538} = 0,099 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

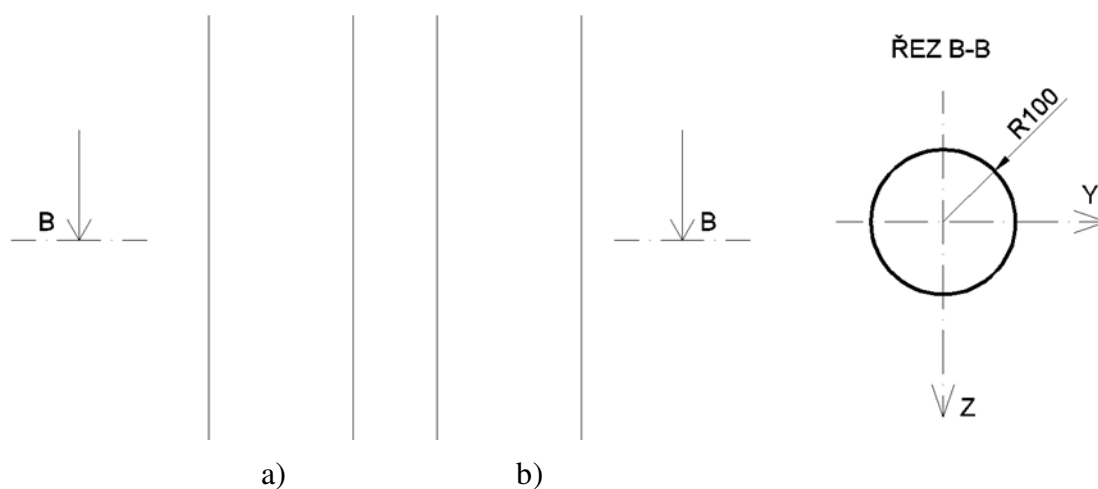
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

b) Řez B-B



Obrázek 38 - Příčný řez sloupem mezi podporami: a) pohled kolmo k ose y, b) pohled kolmo k ose z

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -45,480 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu

$$A = 31,416 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = I_z = 78,540 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměry setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{78,540 \cdot 10^6}{31\,416}} = 50 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrné délky k osám y a z

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2\,810 \text{ mm}$$

- Štíhlosti k osám y a z

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2\,810}{50} = 56,200$$

- Relativní štíhlosti k osám y a z

$$\lambda_{rel,y} = \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{56,200}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 0,953$$

- Součinitele k_y a k_z

$$k_y = k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,953 - 0,3) + 0,953^2] = 1,019$$

- Součinitele vzpěrnosti $k_{c,y}$ a $k_{c,z}$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,019 + \sqrt{1,019^2 - 0,953^2}} = 0,724$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-45\,480}{31,416 \cdot 10^3} = -1,448 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m pro jiné než obdélníkové průřezy

$$k_m = 1,0$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{1,448}{0,724 \cdot 14,538} = 0,138 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

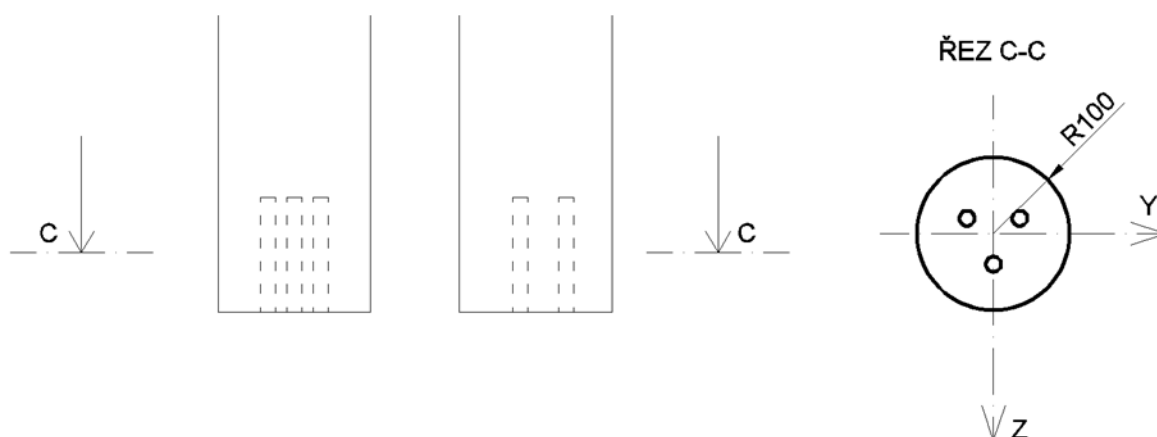
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

c) Řez C-C



Obrázek 39 - Příčný řez sloupem v místě ukotvení u podlahy

Prostý tlak

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -45,480 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě otvory pro trojici závitových tyčí

$$A = 30,473 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny od normálové síly N_{Ed}

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-45\,480}{30\,473} = -1,492 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} = \frac{1,492}{14,538} = 0,103 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

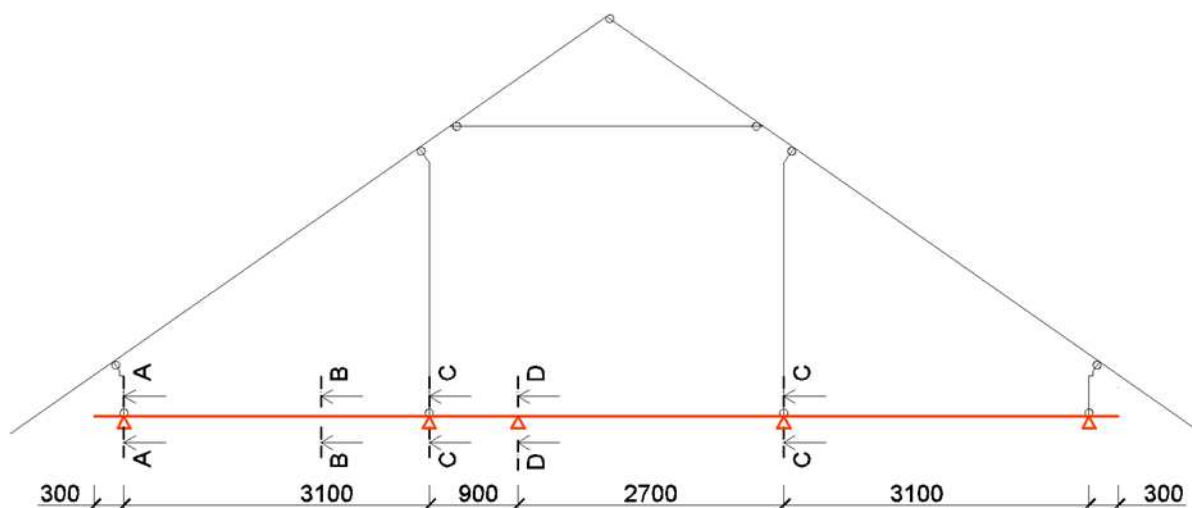
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

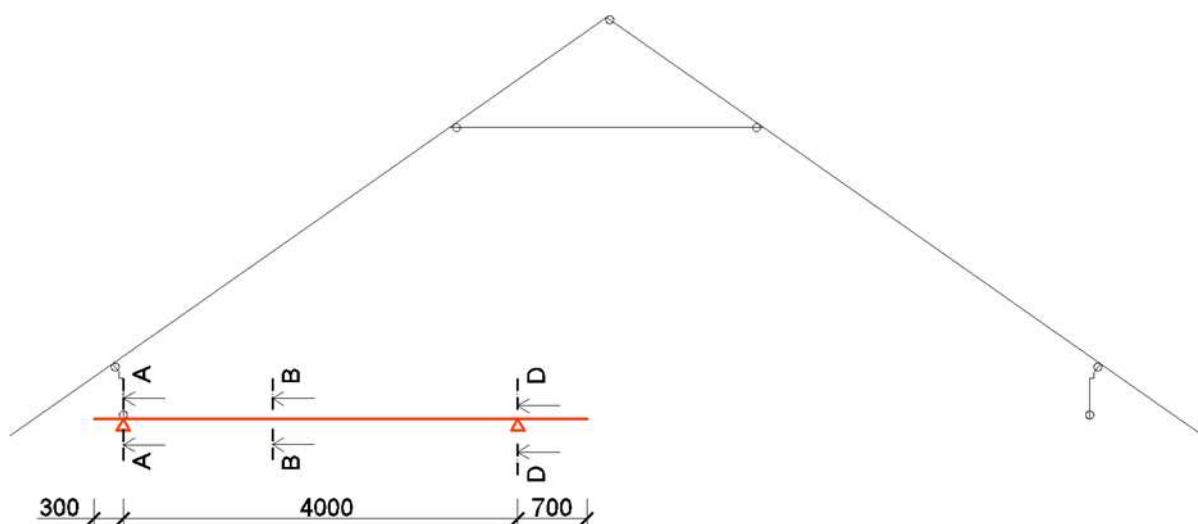
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

5.7 Stropní trám

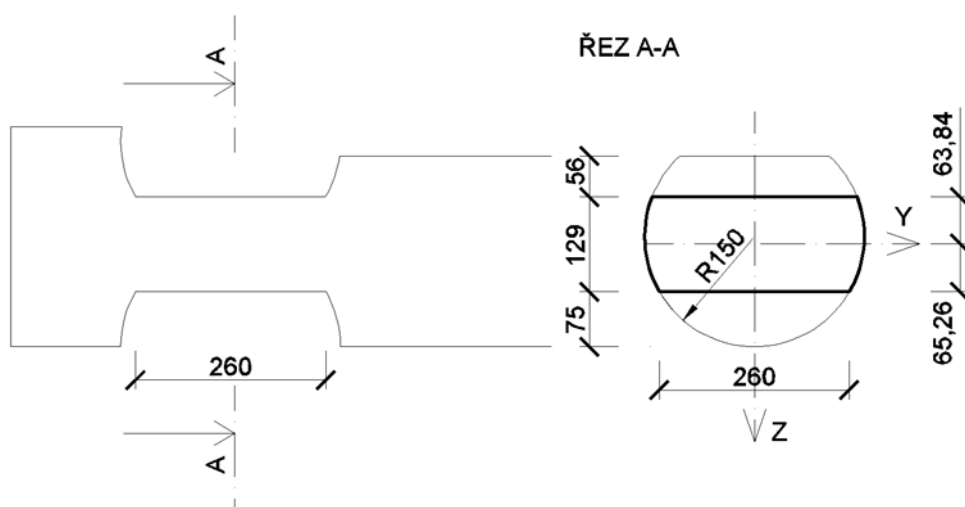


Obrázek 40 - Statické schéma trámu podpírajícího sloupky krovy



Obrázek 41 - Statická schéma ostatních stropních trámů

a) Řez A-A



Obrázek 42 - Příčný řez trámem nad obvodovou stěnou

Kombinace ohybu a osového tahu

I. maximální normálová tahová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly
 $N_{Ed} = 1,260 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 0,160 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = - 0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v ohybu
$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 37,396 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Moment setrvačnosti průřezu k ose y
 $I_y = 50,527 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{50,527 \cdot 10^6}{65,260} = 0,774 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{1\,260}{37,396 \cdot 10^3} = 0,034 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 9,8 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_y}{W_y} = \frac{0,160 \cdot 10^6 + 1\,260 \cdot 9,8}{0,774 \cdot 10^6} = 0,223 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,034}{9,692} + \frac{0,223}{16,615} = 0,017 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

II. maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 0,770 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 0,210 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

1,35 · Vlastní tíha + 0,75 · Sníh - navátý zprava + 1,50 · Užité zatížení na stropě v podkroví + 1,35 · Tíha střešního pláště + 1,35 · Tíha stropu nad 1.NP + 1,35 · Tíha skladby štítu + 0,90 · Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi = 0,2

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 37,396 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 50,527 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{50,527 \cdot 10^6}{65,260} = 0,774 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{770}{37,396 \cdot 10^3} = 0,021 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 9,8 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot e_y}{W_y} = \frac{0,210 \cdot 10^6 + 770 \cdot 9,8}{0,774 \cdot 10^6} = 0,281 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,021}{9,692} + \frac{0,281}{16,615} = 0,019 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

III. maximální ohybový moment k ose z

Vzhledem k velikostem vnitřních sil není posudek proveden.

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly
 $N_{Ed} = 0,680 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = 0,020 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,090 \text{ kNm}$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou y
 $V_{y,Ed} = -0,090 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z
 $V_{z,Ed} = 6,860 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha oddělené části průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,oddělená} = 18\,791,059 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenost těžiště oddělené části průřezu od těžišťové osy y

$$z = 31,570 \text{ mm}$$

- Statický moment oddělené části poloviny průřezu

$$S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 18\,791,059 \cdot 31,570 = 0,593 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Moment setrvačnosti k ose y

$$I_y = 50,528 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Šířka průřezu v posuzovaném místě

$$b = 298 \text{ mm}$$

- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{6\,860 \cdot 0,593 \cdot 10^6}{50,528 \cdot 10^6 \cdot 298} = 0,270 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_n

$$k_n = 5 \text{ (pro rostlé dřevě)}$$

- Sklon náběhu

$$i = 0,3$$

- Účinná výška průřezu

$$h_{ef} = 129 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$h = 260 \text{ mm}$$

- Součinitel α

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{129}{260} = 0,496$$

- Vzdálenost působíště síly od rohu zářezu

$$x = 130 \text{ mm}$$

- Redukční součinitel k_v zohledňující koncentraci napětí v zářezu

$$k_v = \min \left\{ \frac{1}{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}, \frac{1}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \right\} =$$

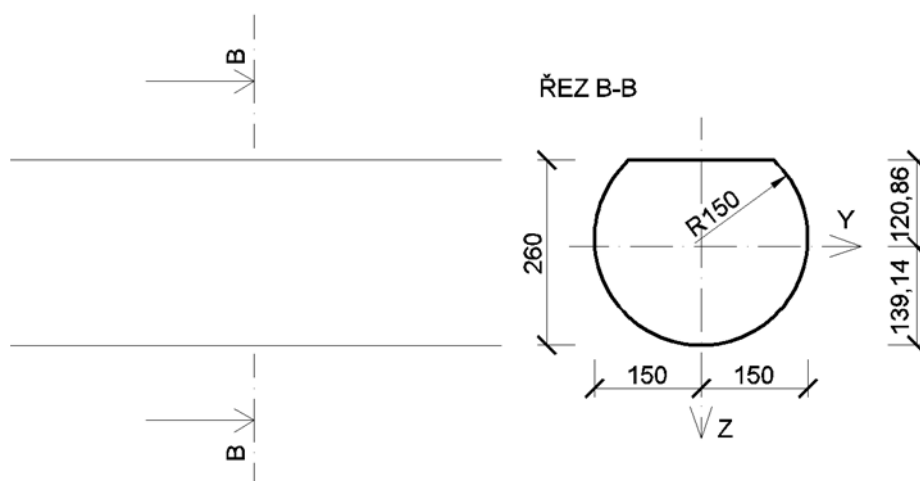
$$= \frac{1}{5 \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot 0,3^{1,5}}{\sqrt{260}} \right)} = 0,304$$

$$\frac{1}{\sqrt{260} \cdot \left(\sqrt{0,496 \cdot (1 - 0,496)} + 0,8 \cdot \frac{130}{260} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,496} - 0,496^2} \right)}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,d} = 0,270 \text{ MPa} < k_v \cdot f_{v,d} = 0,304 \cdot 1,731 = 0,526 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 43 - Příčný řez trávem v poli

Kombinace ohybu a osového tlaku

I. maximální ohybový moment k ose y, maximální ohybový moment k ose z a maximální normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = -0,830 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = -0,020 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušné normálové síly
 $N_{Ed} = -0,960 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Zatížení zábradlí} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
 $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 65,080 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Moment setrvačnosti průřezu k ose y
 $I_y = 300,035 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{300,035 \cdot 10^6}{139,140} = 2,156 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-960}{65,080 \cdot 10^3} = -0,015 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 10,9 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{-0,830 \cdot 10^6 + 10,9 \cdot (-960)}{2,156 \cdot 10^6} = -0,390 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\left(\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{0,015}{14,538} \right)^2 + \frac{0,390}{16,615} = 0,023 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a osového tahu

I. maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -8,380 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,530 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Zatížení zábradlí} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 65,080 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 300,035 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{300,035 \cdot 10^6}{139,140} = 2,156 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{530}{65,080 \cdot 10^3} = 0,008 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 10,9 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{\text{Ed}} + e_y \cdot N_{\text{Ed}}}{W_y} = \frac{-8,380 \cdot 10^6 + 10,9 \cdot 530}{2,156 \cdot 10^6} = -3,884 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} = \frac{0,013}{9,692} + \frac{3,884}{16,615} = 0,235 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

II. maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 1,260 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = 0,160 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = - 0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 65,080 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 300,035 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{300,035 \cdot 10^6}{139,140} = 2,156 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{1\,260}{65,080 \cdot 10^3} = 0,019 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 10,9 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{0,160 \cdot 10^6 + 10,9 \cdot 1\,260}{2,156 \cdot 10^6} = 0,081 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,019}{9,692} + \frac{0,081}{16,615} = 0,007 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou y

$$V_{y,Ed} = 0,420 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z

$$V_{z,Ed} = -10,900 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Zatížení zábradlí} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 1,50 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,oddělená} = 32,995 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,oddělená} = 32,540 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu k osám y a z

$$y = 65,783 \text{ mm}$$

$$z = 57,086 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 32,995 \cdot 10^3 \cdot 57,086 = 1,884 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,oddělená} \cdot y = 32,540 \cdot 10^3 \cdot 65,783 = 2,141 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k ose y

$$I_y = 300,035 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 385,526 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{420 \cdot 2,141 \cdot 10^6}{385,526 \cdot 10^6 \cdot 260} = 0,009 \text{ MPa}$$

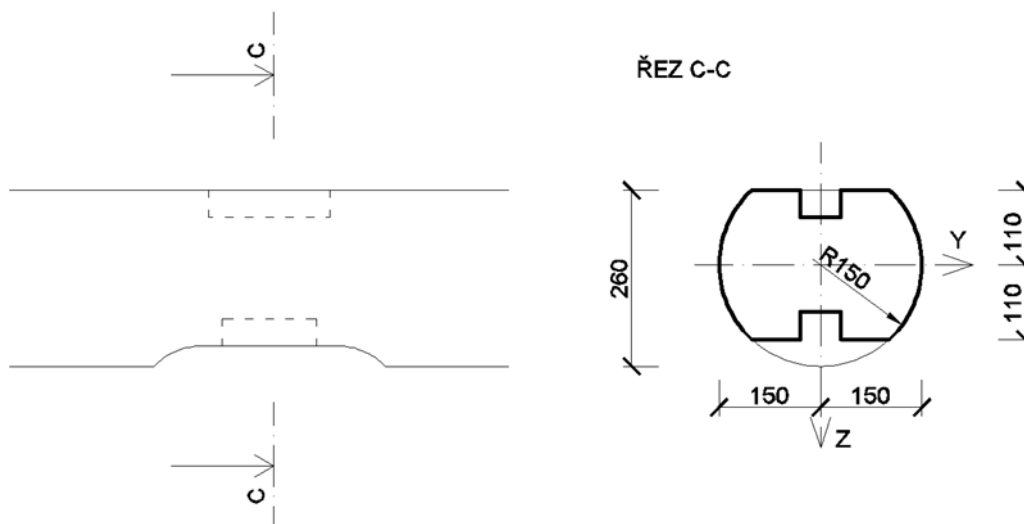
$$\tau_{xz,d} = \frac{|V_{z,Ed}| \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{10\,900 \cdot 1,884 \cdot 10^6}{300,035 \cdot 10^6 \cdot 299} = 0,229 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,009 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,229 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

c) Řez C-C



Obrázek 44 - Příčný řez trávem v poli

Kombinace ohybu a osového tahu

I. maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -3,750 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -0,110 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,380 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

1,35 · Vlastní tíha + 0,75 · Zatížení zábradlí + 1,05 · Užité zatížení na stropě v podkroví + 1,35 · Tíha střešního pláště + 1,35 · Tíha stropu nad 1.NP + 1,35 · Tíha skladby štítu + 0,90 · Vítr - příčný - zleva - 1 - cpi = 0,2

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,685 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 178,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 372,114 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{178,412 \cdot 10^6}{-110} = -1,622 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{372,114 \cdot 10^6}{150} = 2,481 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{380}{54,685 \cdot 10^3} = 0,007 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-3,750 \cdot 10^6}{-1,622 \cdot 10^6} = 2,312 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,110 \cdot 10^6}{2,481 \cdot 10^6} = -0,044 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,007}{9,692} + \frac{2,312}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,044}{16,615} = 0,143 < 1$$

→ TRÁM VYHOVUJE

II. maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -2,110 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -0,190 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,680 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 54,685 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 178,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 372,114 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{178,412 \cdot 10^6}{-110} = -1,622 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{372,114 \cdot 10^6}{150} = 2,481 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{680}{54,685 \cdot 10^3} = 0,012 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-2,110 \cdot 10^6}{-1,622 \cdot 10^6} = 1,301 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,190 \cdot 10^6}{2,481 \cdot 10^6} = -0,077 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,012}{9,692} + \frac{1,301}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,077}{16,615} = 0,084 < 1$$

→ TRÁM VYHOVUJE

III. maximální tahová normálová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 0,840 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = -2,120 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = 0,120 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 54,685 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 178,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 372,114 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{178,412 \cdot 10^6}{-110} = -1,622 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{372,114 \cdot 10^6}{150} = 2,481 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{840}{54,685 \cdot 10^3} = 0,015 \text{ MPa}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavním osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-2,120 \cdot 10^6}{-1,622 \cdot 10^6} = 1,307 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,120 \cdot 10^6}{2,481 \cdot 10^6} = 0,048 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,015}{9,692} + \frac{1,307}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,048}{16,615} = 0,083 < 1$$

→ TRÁM VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z

$$V_{y,Ed} = 0,420 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z

$$V_{z,Ed} = -7,990 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Zatížení zábradlí} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 1 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,\text{oddělená}} = 27,343 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 27,343 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od těžišťových os y a z

$$y = 72,987 \text{ mm}$$

$$z = 48,535 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 27,343 \cdot 10^3 \cdot 48,535 = 1,327 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 27,343 \cdot 10^3 \cdot 72,987 = 1,996 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k osám y a z

$$I_y = 178,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 372,114 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{420 \cdot 1,996 \cdot 10^6}{372,114 \cdot 10^6 \cdot 140} = 0,016 \text{ MPa}$$

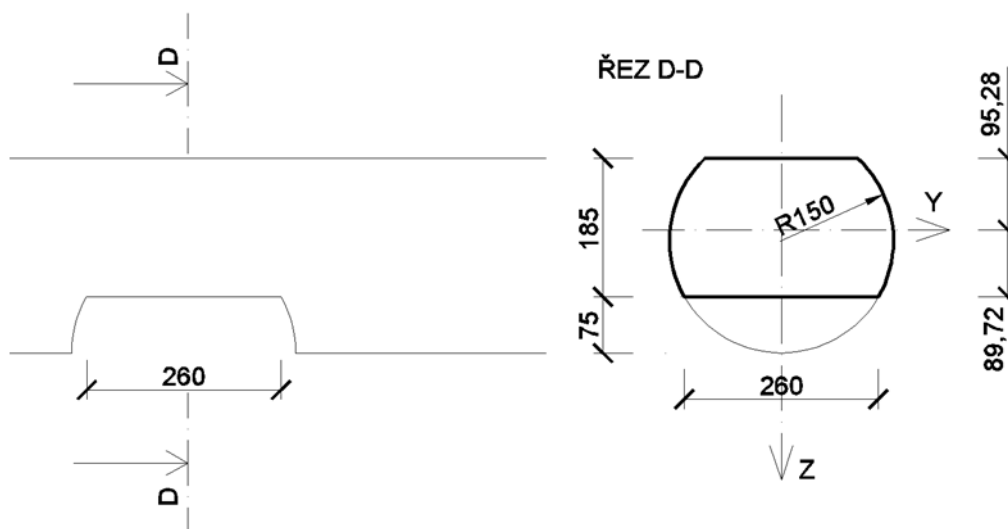
$$\tau_{xz,d} = \frac{|V_{z,Ed}| \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{7\,990 \cdot 1,327 \cdot 10^6}{178,412 \cdot 10^6 \cdot 299} = 0,199 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,016 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,199 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

d) Řez D-D



Obrázek 45 - Příčný řez trámem nad vnitřní nosnou stěnou

Kombinace ohybu a osového tahu

I. maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y

$$M_{y,Ed} = -7,960 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z

$$M_{z,Ed} = -0,020 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušné normálové síly

$$N_{Ed} = 0,760 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Zatížení zábradlí} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha

$$A = 51,266 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 136,731 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{136,731 \cdot 10^6}{-95,280} = -1,435 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{760}{51,266 \cdot 10^3} = 0,015 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 14,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{-7,960 \cdot 10^6 + 14,7 \cdot 760}{-1,435 \cdot 10^6} = 5,539 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,015}{9,629} + \frac{5,539}{16,615} = 0,335 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

II. maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
 $M_{y,Ed} = -0,620 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
 $M_{z,Ed} = -0,240 \text{ kNm}$
- Návrhová hodnota příslušné normálové síly
 $N_{Ed} = 0,480 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 4 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 51,266 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 136,731 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 335,235 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{136,731 \cdot 10^6}{-95,280} = -1,435 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{335,235 \cdot 10^6}{150} = 2,235 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{480}{51,266 \cdot 10^3} = 0,009 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 14,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{-0,620 \cdot 10^6 + 14,7 \cdot 480}{-1,435 \cdot 10^6} = 0,427 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{-0,240 \cdot 10^6}{2,235 \cdot 10^6} = -0,097 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,009}{9,692} + \frac{0,427}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,097}{16,615} = 0,032 < 1$$

→ TRÁM VYHOVUJE

III. maximální normálová tahová síla

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly

$$N_{Ed} = 1,260 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu

$$M_{y,Ed} = -6,090 \text{ kNm}$$

- Návrhová hodnota příslušného ohybového momentu

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = - 0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,9 = 9,692 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha
 $A = 51,266 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 136,731 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Modul průřezu k ose y

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{136,731 \cdot 10^6}{-95,280} = -1,435 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{1\,260}{51,266 \cdot 10^3} = 0,025 \text{ MPa}$$

- excentricita normálové síly k ose y

$$e_y = 14,7 \text{ mm}$$

- Návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed} + e_y \cdot N_{Ed}}{W_y} = \frac{-6,090 \cdot 10^6 + 14,7 \cdot 1\,260}{-1,435 \cdot 10^6} = 4,231 \text{ MPa}$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,025}{9,692} + \frac{4,231}{16,615} = 0,257 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y

$$V_{y,Ed} = 0,420 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

1,35 · Vlastní tíha + 1,50 · Sníh - navátý zprava + 1,05 · Užité zatížení na stropě v podkroví + 1,35 · Tíha střešního pláště + 1,35 · Tíha stropu nad 1.NP + 1,35 · Tíha skladby štítu + 0,90 · Vítr - podélný - cpi = 0,2

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z

$$V_{z,Ed} = 10,900 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

1,35 · Vlastní tíha + 0,75 · Zatížení zábradlí + 1,50 · Užité zatížení na stropě v podkroví + 1,35 · Tíha střešního pláště + 1,35 · Tíha stropu nad 1.NP + 1,35 · Tíha skladby štítu + 0,90 · Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi = - 0,3

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plocha oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,\text{oddělená}} = 25,334 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 25,633 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu od os y a z

$$y = 69,802 \text{ mm}$$

$$z = 44,912 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 25,334 \cdot 10^3 \cdot 44,912 = 1,138 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 25,633 \cdot 10^3 \cdot 69,802 = 1,789 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti k osám y a z

$$I_y = 136,731 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 335,235 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{420 \cdot 1,789 \cdot 10^6}{335,235 \cdot 10^6 \cdot 185} = 0,012 \text{ MPa}$$

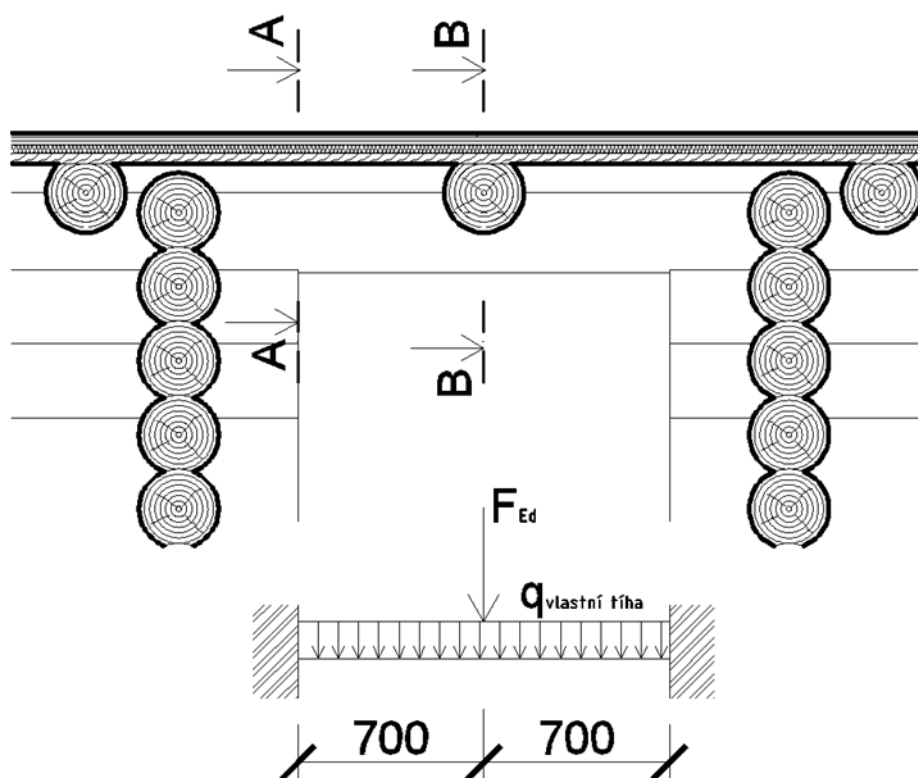
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{10\,900 \cdot 1,138 \cdot 10^6}{136,731 \cdot 10^6 \cdot 299} = 0,303 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,012 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

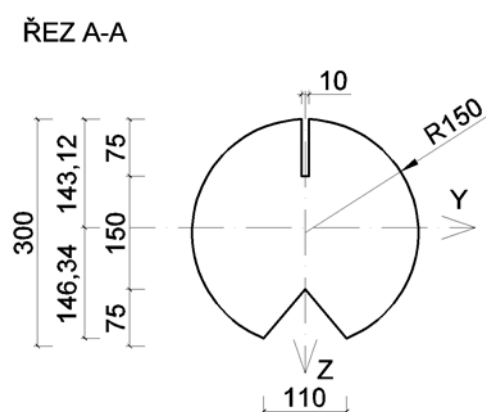
$$\tau_{xz,d} = 0,303 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

5.8 Nadpražní překladová kláda nad průchozím otvorem



Obrázek 46 - Statické schéma překladové klády

a) Řez A-A



Obrázek 47 - Příčný řez překladovou kládou v líci podpory

Ohyb

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Síly F_{Ed} zjištěny ve Scia Engineer jako reakce v podpoře pod stropním trámem.
 $F_{y,Ed} = 1,060 \text{ kN}$
 $F_{z,Ed} = 24,570 \text{ kN}$
- Rozpětí otvoru
 $L = 1\,400 \text{ mm}$
- Návrhové hodnoty ohybových momentů k osám y a z
 $M_{y,Ed} = -4,340 \text{ kNm}$
 $M_{z,Ed} = -0,560 \text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 2 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v ohybu
 $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 318,508 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 346,668 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
- Moduly průřezu k osám y a z
 $W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{318,508 \cdot 10^6}{146,340} = 2,176 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{346,668 \cdot 10^6}{150} = 2,311 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-4,340 \cdot 10^6}{2,176 \cdot 10^6} = -1,994 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,560 \cdot 10^6}{2,311 \cdot 10^6} = -0,242 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{1,994}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,242}{16,615} = 0,135 < 1$$

→ KLÁDA VYHOVUJE

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Síly F_{Ed} zjištěny ve Scia Engineer jako reakce v podpoře pod stropním trámem.

$$F_{y,Ed} = 1,360 \text{ kN}$$

$$F_{z,Ed} = 18,990 \text{ kN}$$

- Rozpětí otvoru

$$L = 1\,400 \text{ mm}$$

- Návrhové hodnoty ohybových momentů k osám y a z

$$M_{y,Ed} = -3,360 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,670 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{\text{m,d}} = \frac{f_{\text{m,k}}}{\gamma_{\text{M}}} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 318,508 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 346,668 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{318,508 \cdot 10^6}{146,340} = 2,176 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{346,668 \cdot 10^6}{150} = 2,311 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{\text{m,y,d}} = \frac{M_{\text{y,Ed}}}{W_y} = \frac{-3,360 \cdot 10^6}{2,176 \cdot 10^6} = -1,544 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{m,z,d}} = \frac{M_{\text{z,Ed}}}{W_z} = \frac{-0,670 \cdot 10^6}{2,311 \cdot 10^6} = -0,290 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{|\sigma_{\text{m,y,d}}|}{f_{\text{m,y,d}}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{\text{m,z,d}}|}{f_{\text{m,z,d}}} = \frac{1,544}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,290}{16,615} = 0,110 < 1$$

→ KLÁDA VYHOVUJE

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y
 $V_{y,Ed} = 0,710 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - } c_{pi} = - 0,3$
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z
 $V_{z,Ed} = 12,450 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - } c_{pi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost ve smyku
$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)
 $A_{y,oddělená} = 32,572 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $A_{z,oddělená} = 34,968 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu k osám y a z
 $y = 64,318 \text{ mm}$
 $z = 59,547 \text{ mm}$
- Statické momenty oddělených částí průřezu
 $S_y = A_{y,oddělená} \cdot z = 32,572 \cdot 10^3 \cdot 59,547 = 1,939 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$$S_z = A_{z, \text{oddělená}} \cdot y = 34,968 \cdot 10^3 \cdot 64,318 = 2,249 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti

$$I_y = 318,508 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 395,343 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smyková napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{710 \cdot 2,249 \cdot 10^6}{395,343 \cdot 10^6 \cdot 225} = 0,018 \text{ MPa}$$

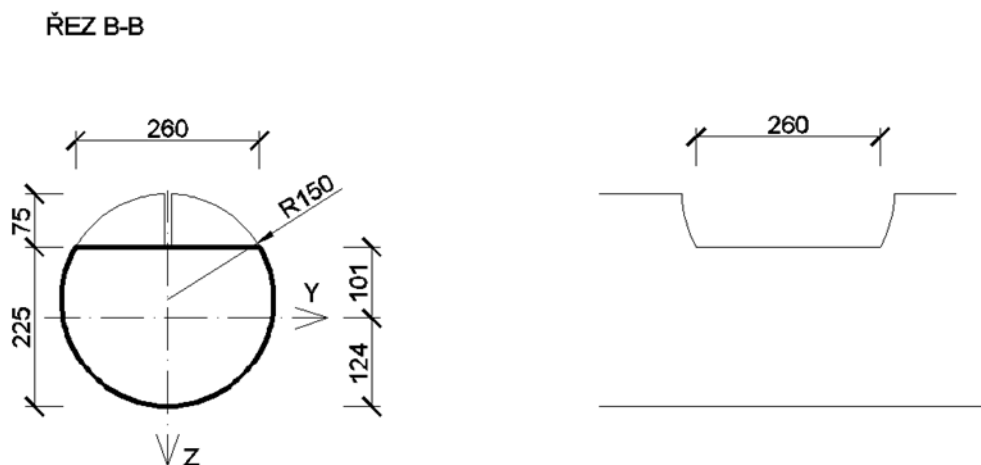
$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{12\,450 \cdot 1,939 \cdot 10^6}{318,508 \cdot 10^6 \cdot 300} = 0,253 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xy,d} = 0,018 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,253 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 48 - Příčný řez překladovou kládou v polovině rozpětí otvoru

Ohyb

I. Maximální ohybový moment k ose y

Vnitřní síly

- Rozpětí otvoru
 $L = 1\,400\text{ mm}$
- Návrhové hodnoty ohybových momentů k osám y a z
 $M_{y,Ed} = 4,320\text{ kNm}$
 $M_{z,Ed} = -0,160\text{ kNm}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v ohybu
$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615\text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z
 $I_y = 199,763 \cdot 10^6\text{ mm}^4$
 $I_z = 346,668 \cdot 10^6\text{ mm}^4$
- Moduly průřezu k osám y a z
$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{199,763 \cdot 10^6}{124} = 1,611 \cdot 10^6\text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{346,668 \cdot 10^6}{150} = 2,311 \cdot 10^6\text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{4,320 \cdot 10^6}{1,611 \cdot 10^6} = 2,682 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,160 \cdot 10^6}{2,311 \cdot 10^6} = -0,069 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,y,d}} = \frac{2,682}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,069}{16,615} = 0,166 < 1 \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

II. Maximální ohybový moment k ose z

Vnitřní síly

- Rozpětí otvoru

$$L = 1\,400 \text{ mm}$$

- Návrhové hodnoty ohybových momentů k osám y a z

$$M_{y,Ed} = 3,320 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,170 \text{ kNm}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vít - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,9 = 16,615 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z

$$I_y = 199,763 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 346,668 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moduly průřezu k osám y a z

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{199,763 \cdot 10^6}{124} = 1,611 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{346,668 \cdot 10^6}{150} = 2,311 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

- Návrhové napětí v ohybu k osám y a z

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3,320 \cdot 10^6}{1,611 \cdot 10^6} = 2,061 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-0,170 \cdot 10^6}{2,311 \cdot 10^6} = -0,074 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m

$$k_m = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,y,d}} = \frac{2,061}{16,615} + 1,0 \cdot \frac{0,074}{16,615} = 0,128 < 1 \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y

$$V_{y,Ed} = 0,710 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z

$$V_{z,Ed} = 12,290 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitele

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezové plochy oddělených částí průřezu (rozdělení průřezu v těžišti)

$$A_{y,\text{oddělená}} = 29,170 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{z,\text{oddělená}} = 28,408 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenosti těžišť oddělených částí průřezu k osám y a z

$$y = 66,739 \text{ mm}$$

$$z = 49,320 \text{ mm}$$

- Statické momenty oddělených částí průřezu

$$S_y = A_{y,\text{oddělená}} \cdot z = 32,572 \cdot 10^3 \cdot 59,547 = 1,439 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_z = A_{z,\text{oddělená}} \cdot y = 28,408 \cdot 10^3 \cdot 66,739 = 1,896 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Momenty setrvačnosti

$$I_y = 199,763 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 346,668 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smyková napětí

$$\tau_{xy,d} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_z}{I_z \cdot b_z} = \frac{710 \cdot 1,896 \cdot 10^6}{346,668 \cdot 10^6 \cdot 225} = 0,017 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot b_y} = \frac{12\,290 \cdot 1,439 \cdot 10^6}{199,763 \cdot 10^6 \cdot 295} = 0,300 \text{ MPa}$$

- Posudek

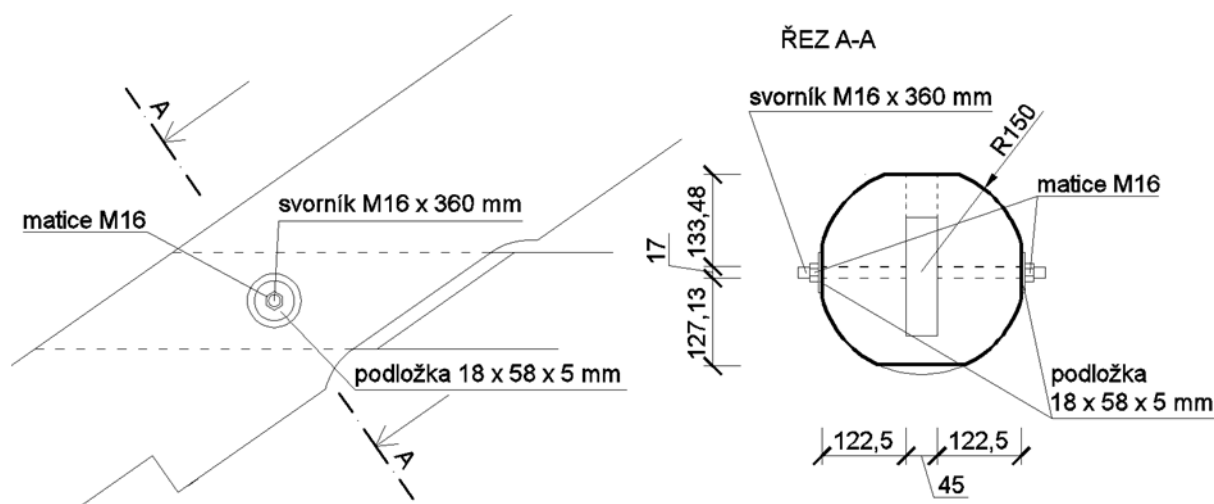
$$\tau_{xy,d} = 0,017 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

$$\tau_{xz,d} = 0,300 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

5.9 Svorníkové spoje

a) Kleština – krokev

Do těchto posudků jsou vybrány interiérové spoje a spoje v exteriéru kryté přesahem střechy.



Obrázek 49 - Spoj kleštiny s krokví

Vnitřní síly

N_{max} a V příslušná

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$

- Maximální normálová síla v kleštině ve spoji

$$N_{\max} = -8,740 \text{ kN } (\rightarrow)$$

- Příslušná posouvající síla v kleštině ve spoji

$$V_{\text{příslušná}} = V_{\max} = 0,230 \text{ kN } (\uparrow)$$

- Výsledná síla ve spoji

$$R_{\text{výslednice}} = \sqrt{N_{\max}^2 + V_{\text{příslušná}}^2} = \sqrt{(-8,740)^2 + (0,230)^2} = 8,743 \text{ kN}$$

Úhly vstupující do posudku spoje

- Sklon krokve

$$\alpha = 35^\circ$$

- Úhel sevřený směrem vláken kleštiny a výslednou silou

$$\beta = 180 - \arctan^{-1} \left(\left| \frac{V_{\text{příslušná}}}{N_{\max}} \right| \right) = 180 - \arctan^{-1} \left(\frac{0,230}{8,740} \right) = 178,493^\circ$$

- Úhel sevřený směrem vláken krokve a výslednou silou

$$\gamma = \beta - 180 + \alpha = 178,493 - 180 + 35 = 33,493^\circ$$

Materiálové vlastnosti

- Charakteristická pevnost v tahu oceli

$$f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$$

- Charakteristická hustota dřeva C24

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída dřeva 2)}$$

- Průměr svorníku

$$d = 16 \text{ mm}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350 = 24,108 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_{90} pro dřeva jehličnatých dřevin

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,590$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva kleštiny pro úhel β

$$f_{h,\beta,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \beta)^2 + (\cos \beta)^2} = \frac{24,108}{1,590 \cdot (\sin 178,493)^2 + (\cos 178,493)^2} = 24,098 \text{ MPa}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva krokve pro úhel γ

$$f_{h,\gamma,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \gamma)^2 + (\cos \gamma)^2} = \frac{24,108}{1,590 \cdot (\sin 33,493)^2 + (\cos 33,493)^2} = 20,436 \text{ MPa}$$

- Poměr pevnostmi v otláčení prvků

$$\beta = \frac{f_{h,\beta,k}}{f_{h,\gamma,k}} = \frac{24,098}{20,436} = 1,179$$

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,141 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti

a) Kleština

- Od zatíženého konce

Pro případné kombinace, ve kterých se objevuje v kleštině tahová normálová síla, je třeba také mimo tento posudek dodržet vzdálenost od zatíženého konce kleštiny.

$$a_{3,t} = \max \begin{cases} 7 \cdot d = 7 \cdot 16 = 112 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \end{cases} < 248 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého konce

$$a_{4,t} = 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} < 248 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \begin{cases} (2 + 2 \cdot \sin \beta) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 178,493) \cdot 16 = 32,842 \text{ mm} \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{cases} < 70 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) Krokev

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \begin{cases} (2 + 2 \cdot \sin \gamma) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 33,493) \cdot 16 = 49,659 \text{ mm} \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{cases} < 123 \text{ mm}$$

→ VYHOVUJE

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 142 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek

- Tloušťka dřeva krokve po obou stranách kleštiny uvnitř spoje

$$t_1 = 122,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka dřeva kleštiny uvnitř spoje

$$t_2 = 45 \text{ mm}$$

- Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,\gamma,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\beta,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,\beta,k} \cdot d} \end{cases}$$

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} 47,232 \text{ kN} \\ 7,357 \text{ kN} \\ 18,803 \text{ kN} \\ 12,319 \text{ kN} \end{cases} = 7,357 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F'_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{7,357}{1,3} \cdot 0,9 = 5,093 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost pro dva stříhy jednoho svorníku

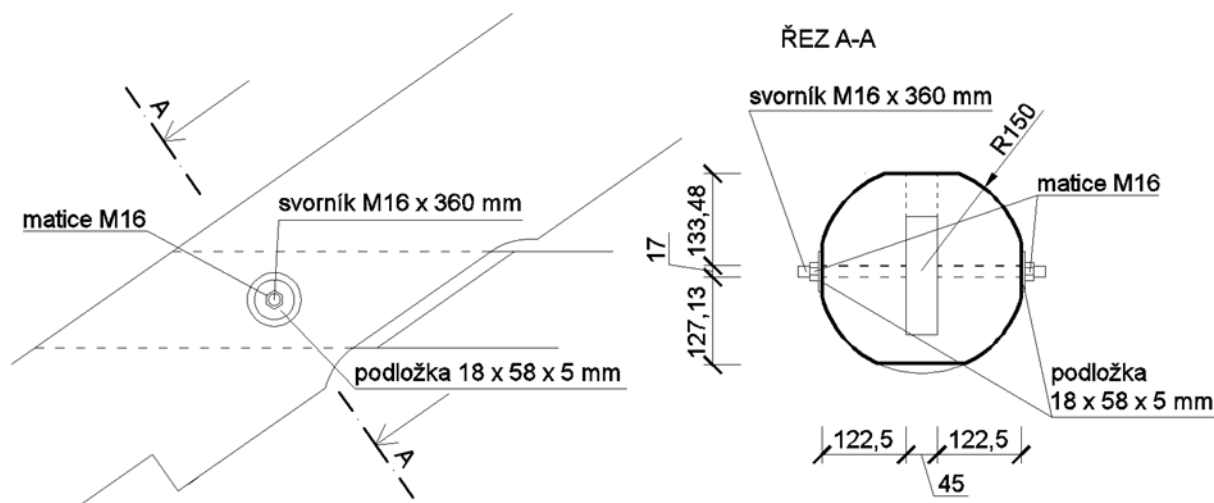
$$F_{V,Rd} = 2 \cdot F'_{V,Rd} = 2 \cdot 5,093 = 10,187 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{V,Rd} = 10,187 \text{ kN} > R_{výslednice} = 8,743 \text{ kN} \rightarrow \text{SPOJ VYHOVUJE}$$

b) Kleština – krokev

Do těchto posudků jsou vybrány spoje v exteriéru, které jsou umístěny na krajních příčných vazbách.



Obrázek 50 - Spoj kleštiny s krokví

Vnitřní síly

N_{\max} a $V_{\text{příslušná}}$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 1,50 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva} - 1 - \text{cpi} = 0,2$

- Maximální normálová síla v kleštině ve spoji

$N_{\max} = 1,330 \text{ kN} (\leftarrow)$

- Příslušná posouvající síla v kleštině ve spoji

$V_{\text{příslušná}} = 0,230 \text{ kN} (\uparrow)$

- Výsledná síla ve spoji

$$R_{\text{výslednice}} = \sqrt{N_{\max}^2 + V_{\text{příslušná}}^2} = \sqrt{1,330^2 + 0,230^2} = 1,350 \text{ kN}$$

Úhly vstupující do posudku spoje

- Sklon krokve
 $\alpha = 35^\circ$
- Úhel sevřený směrem vláken kleštiny a výslednou silou
$$\beta = \tan^{-1} \frac{V_{\text{příslušná}}}{N_{\text{max}}} = \tan^{-1} \frac{230}{1\,330} = 9,811^\circ$$
- Úhel sevřený směrem vláken krokve a výslednou silou
$$\gamma = \alpha + \beta = 35 + 9,811 = 44,811^\circ$$

Materiálové vlastnosti

- Charakteristická pevnost oceli v tahu
 $f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$
- Charakteristická hustota dřeva C24
 $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$
- Modifikační součinitel
 $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída požadavku 3)
- Průměr svorníku
 $d = 16 \text{ mm}$
- Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350 = 24,108 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_{90} pro dřeva jehličnatých dřevin
 $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,590$
- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva kleštiny pro úhel β

$$f_{h,\beta,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\ln \beta)^2 + (\cot \beta)^2} = \frac{24,108}{1,590 \cdot (\ln 9,811)^2 + (\cot 9,811)^2} = 23,702 \text{ MPa}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva krokve pro úhel γ

$$f_{h,\gamma,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\ln \gamma)^2 + (\cot \gamma)^2} = \frac{24,108}{1,590 \cdot (\ln 44,811)^2 + (\cot 44,811)^2} = 18,644 \text{ MPa}$$

- Poměr pevností v otláčení prvků

$$\beta = \frac{f_{h,\beta,k}}{f_{h,\gamma,k}} = \frac{23,702}{18,644} = 1,271$$

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,141 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti

a) Kleština

- Od zatíženého konce

Pro případné kombinace, ve kterých se objevuje v kleštině tahová normálová síla, je třeba také mimo tento posudek dodržet vzdálenost od zatíženého konce kleštiny.

$$a_{3,t} = \max \begin{cases} 7 \cdot d = 7 \cdot 16 = 112 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \end{cases} < 248 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého konce

$$a_{4,t} = 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} < 248 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \begin{cases} (2 + 2 \cdot \sin \beta) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 9,811) \cdot 16 = 37,453 \text{ mm} \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{cases} < 70 \text{ mm} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) Krokev

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \begin{cases} (2 + 2 \cdot \sin \gamma) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 44,811) \cdot 16 = 54,553 \text{ mm} \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{cases} < 123 \text{ mm} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 142 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek

- Tloušťka dřeva krokve po obou stranách kleštiny uvnitř spoje

$$t_1 = 122,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka dřeva kleštiny uvnitř spoje

$$t_2 = 45 \text{ mm}$$

- Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,\gamma,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\beta,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,\beta,k} \cdot d} \end{cases}$$

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} 46,456 \text{ kN} \\ 6,712 \text{ kN} \\ 14,709 \text{ kN} \\ 11,967 \text{ kN} \end{cases} = 6,712 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F'_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{6,712}{1,3} \cdot 0,7 = 3,614 \text{ kN}$$

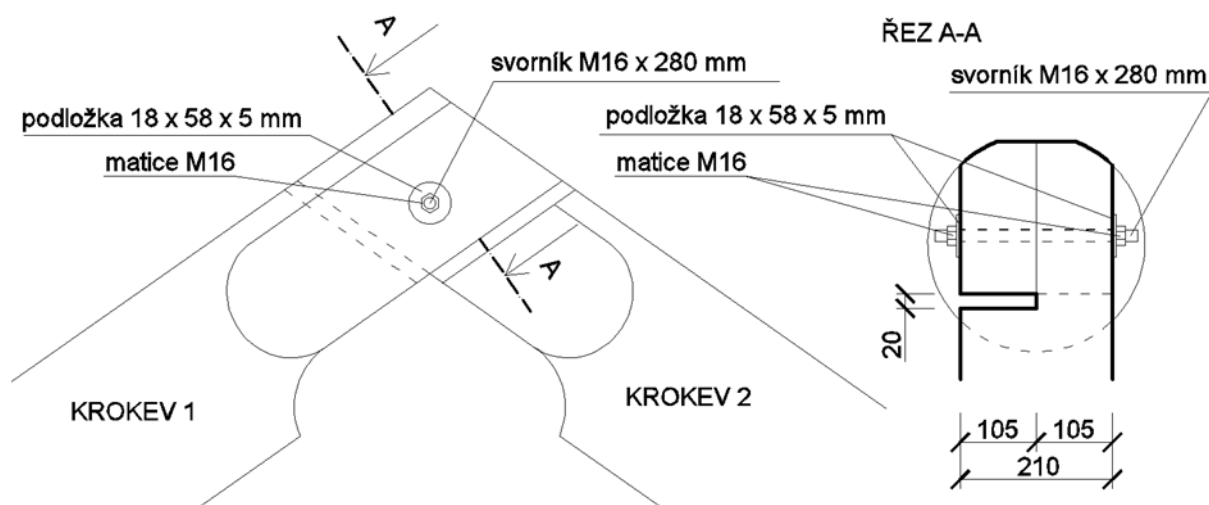
- Návrhová únosnost pro dva stříhy jednoho svorníku

$$F_{V,Rd} = 2 \cdot F'_{V,Rd} = 2 \cdot 3,614 = 7,228 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{V,Rd} = 8,733 \text{ kN} > R_{výslednice} = 1,350 \text{ kN} \rightarrow \text{SPOJ VYHOVUJE}$$

c) Krokev – krokev



Obrázek 51 - Spoj krokví ve vrcholu střechy svorníkem

Vnitřní síly

a) N_{\max} a $V_{\text{příslušná}}$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkrovní} \\ + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} \\ + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$$

- Maximální normálová síla v krokvi 1 ve spoji

$$N_{\max} = -3,170 \text{ kN } (\rightarrow)$$

- Příslušná posouvající síla v krokvi 1 ve spoji

$$V_{\text{příslušná}} = -1,510 \text{ kN } (\downarrow)$$

- Výsledná síla ve spoji

$$R_{\text{výslednice}} = \sqrt{N_{\max}^2 + V_{\text{příslušná}}^2} = \sqrt{(-3,170)^2 + (-1,510)^2} = 3,511 \text{ kN}$$

b) $N_{\text{příslušná}}$ a V_{max}

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vitr - podélný - cpi} = -0,3$

- Maximální normálová síla v krokvi 1 ve spoji

$$N_{\text{příslušná}} = -2,580 \text{ kN } (\rightarrow)$$

- Příslušná posouvající síla v krokvi 1 ve spoji

$$V_{\text{max}} = -1,620 \text{ kN } (\downarrow)$$

- Výsledná síla ve spoji

$$R_{\text{výslednice}} = \sqrt{N_{\text{příslušná}}^2 + V_{\text{max}}^2} = \sqrt{(-2,580)^2 + (-1,620)^2} = 3,046 \text{ kN}$$

- Do výpočtu je dále uvažována následující výsledná síla

$$R_{\text{výslednice}} = 3,511 \text{ kN}$$

Úhly vstupující do posudku spoje

- Úhel sevřený krokvemi

$$\alpha = 110^\circ$$

- Úhel sevřený směrem vláken krokve 1 a výslednou silou

$$\beta = 360 - \alpha - \gamma = 360 - 110 - 154,530 = 95,470^\circ$$

- Úhel sevřený směrem vláken krokve 2 a výslednou silou

$$\gamma = 180 - \arctan^{-1} \left| \frac{V_{\text{příslušná}}}{N_{\text{max}}} \right| = 180 - \arctan^{-1} \frac{-1,510}{-3,170} = 154,530^\circ$$

Materiálové vlastnosti

- Charakteristická pevnost v tahu oceli

$$f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$$

- Charakteristická hustota dřeva C24

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,7 \text{ (bezpečně je uvažován třídový provoz 3 pro všechny spoje)}$$

- Průměr svorníku

$$d = 16 \text{ mm}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350 = 24,108 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_{90} pro dřeva jehličnatých dřevin

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,590$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva krokve 1 pro úhel β

$$f_{h,\beta,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \beta)^2 + (\cos \beta)^2} = \frac{24,108}{k_{90} \cdot (\sin 95,470)^2 + (\cos 95,470)^2} \\ = 15,214 \text{ MPa}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva krokve 2 pro úhel γ

$$f_{h,\gamma,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \gamma)^2 + (\cos \gamma)^2} = \frac{24,108}{k_{90} \cdot (\sin 154,530)^2 + (\cos 154,530)^2} \\ = 21,736 \text{ MPa}$$

- Poměr pevnostmi v otláčení prvků

$$\beta = \frac{f_{h,\gamma,k}}{f_{h,\beta,k}} = \frac{21,736}{15,214} = 1,429$$

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,141 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti

a) Krokev 1

- Od nezatíženého konce

$$a_{3,c} = (1 + 6 \cdot \sin \beta) \cdot d = (1 + 6 \cdot \sin 95,470) \cdot 16 = 111,562 \text{ mm} < 138 \text{ mm} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \left\{ \begin{array}{l} (2 + 2 \cdot \sin \beta) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 95,470) \cdot 16 = 63,854 \text{ mm} < \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{array} \right. \\ 80 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 97 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) Krokev 2

- Od nezatíženého konce

$$a_{3,c} = 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} < 138 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \left\{ \begin{array}{l} (2 + 2 \cdot \sin \gamma) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 154,530) \cdot 16 = 47,761 \text{ mm} \\ 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \end{array} \right. < 80 \text{ mm}$$

$\rightarrow \text{VYHOVUJE}$

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} < 130 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek

- Tloušťka dřeva krokve 1
 $t_1 = 105 \text{ mm}$
- Tloušťka dřeva krokve 2
 $t_2 = 105 \text{ mm}$
- Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right.$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 39,819 \text{ kN} \\ 15,661 \text{ kN} \\ 13,037 \text{ kN} \\ 11,967 \text{ kN} \end{array} \right. = 11,967 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

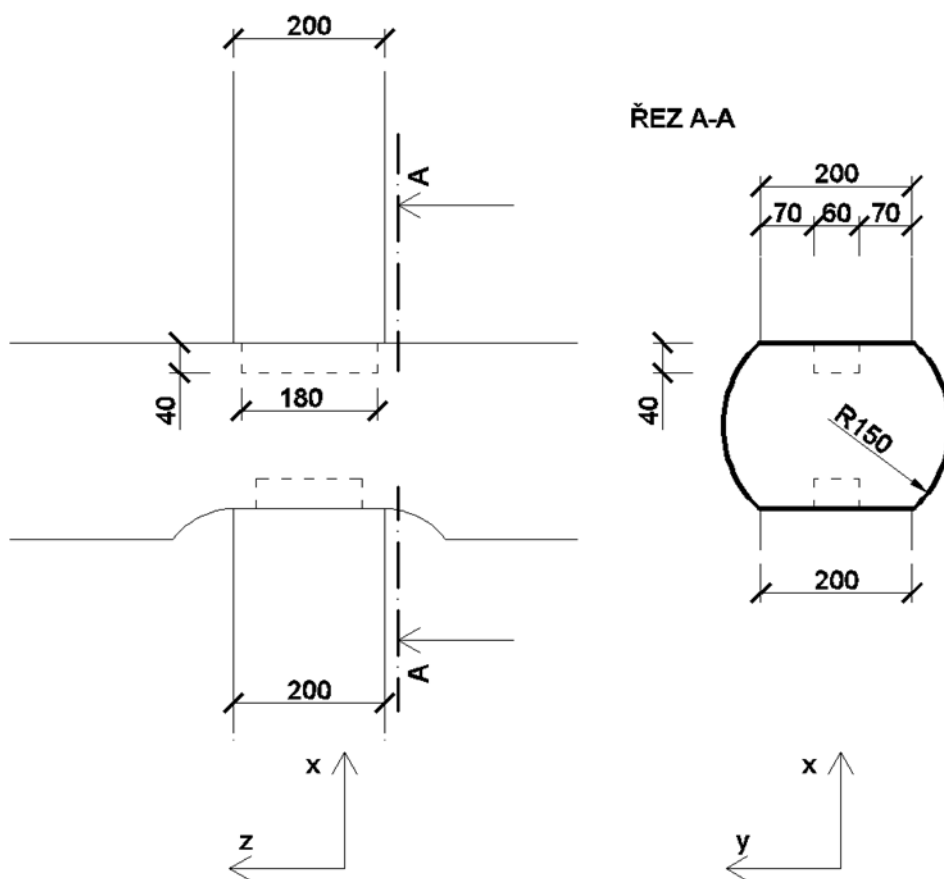
$$F'_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{11,967}{1,3} \cdot 0,7 = 6,444 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{V,Rd} = 6,444 \text{ kN} > R_{výslednice} = 3,511 \text{ kN} \rightarrow \text{SPOJ VYHOVUJE}$$

5.10 Čepové spoje

a) Sloupek – stropní trám



Obrázek 52 - Začepování sloupku do stropního trámu

Normálová napětí ve spoji

I. Od normálové síly

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly ve sloupku v místě spoje

$$N_{Ed} = -35,280 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 2 – nad koupelnou)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha dosedající části sloupku

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 100^2 = 31\,416 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna trámu a rovnoběžně s vlákny sloupku

$$\sigma_{c,90,d} = \sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{-35\,280}{31\,416} = -1,123 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} = \frac{1,123}{14,538} = 0,077 \leq 1 \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

$$\frac{|\sigma_{c,90,d}|}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{1,123}{1,0 \cdot 1,731} = 0,649 \leq 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

II. Od posouvajících sil

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy y
 $V_{y,Ed} = 0,530 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$
- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy z
 $V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna
$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Čelní plocha čepu kolmá na osu y
 $A_y = 180 \cdot 40 = 7\,200 \text{ mm}^2$
- Čelní plocha čepu kolmá na osu z
 $A_z = 60 \cdot 40 = 2\,400 \text{ mm}^2$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna trámu a sloupku rovnoběžně s osou y

$$\sigma_{y,c,90,d} = \frac{V_{y,Ed}}{A_y} = \frac{530}{7\,200} = 0,074 \text{ MPa}$$

- Tlakové napětí rovnoběžně s vlákny trámu a kolmo na vlákna sloupku rovnoběžně s osou z

$$\sigma_{z,c,90,d} = \sigma_{z,c,0,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_z} = \frac{230}{2\,400} = 0,096 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{z,c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,074}{14,538} = 0,005 < 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{z,c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,096}{1,0 \cdot 1,731} = 0,055 < 1 \rightarrow \text{TRÁM I SLOUPEK VYHOVUJÍ}$$

Smyková napětí v čepu

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy y

$$V_{y,Ed} = 0,530 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy z

$$V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha čepu

$$A = 180 \cdot 60 = 10\,800 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Šířky průřezu v posuzovaném místě

$$b_y = 180 \text{ mm}$$

$$b_z = 60 \text{ mm}$$

- Součinitel k_n

$$k_n = 5 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

- Sklony náběhu

$$i_y = 0$$

$$i_z = 0$$

- Účinné výšky průřezu

$$h_{\text{ef},y} = 60 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ef},z} = 180 \text{ mm}$$

- Smykové napětí

$$\tau_{y,d} = \frac{1,5 \cdot V_{y,Ed}}{b_y \cdot h_{\text{ef},y}} = \frac{1,5 \cdot 530}{180 \cdot 60} = 0,074 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{1,5 \cdot V_{z,Ed}}{b_z \cdot h_{\text{ef},z}} = \frac{1,5 \cdot 230}{60 \cdot 180} = 0,032 \text{ MPa}$$

- Výška průřezu = šířka sloupku

$$h_y = h_z = 200 \text{ mm}$$

- Součinitele α

$$\alpha_y = \frac{h_{ef,y}}{h_y} = \frac{60}{200} = 0,300$$

$$\alpha_z = \frac{h_{ef,z}}{h_z} = \frac{180}{200} = 0,900$$

- Vzdálenosti působíště síly od rohů zářezů

$$x_y = x_z = 20 \text{ mm}$$

- Redukční součinitele k_v zohledňující koncentraci napětí v zářezu

$$k_{v,y} = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{h_y} \cdot \left(\sqrt{\alpha_y \cdot (1 - \alpha_y)} + 0,8 \cdot \frac{x_y}{h_y} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha_y} - \alpha_y^2} \right)}, \frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i_y^{1,5}}{\sqrt{h_y}} \right)}{1} \right\} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{200} \cdot \left(\sqrt{0,300 \cdot (1 - 0,300)} + 0,8 \cdot \frac{20}{200} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,300} - 0,300^2} \right)} = 0,587$$

$$k_{v,z} = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{h_z} \cdot \left(\sqrt{\alpha_z \cdot (1 - \alpha_z)} + 0,8 \cdot \frac{x_z}{h_z} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha_z} - \alpha_z^2} \right)}, \frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i_z^{1,5}}{\sqrt{h_z}} \right)}{1} \right\} =$$

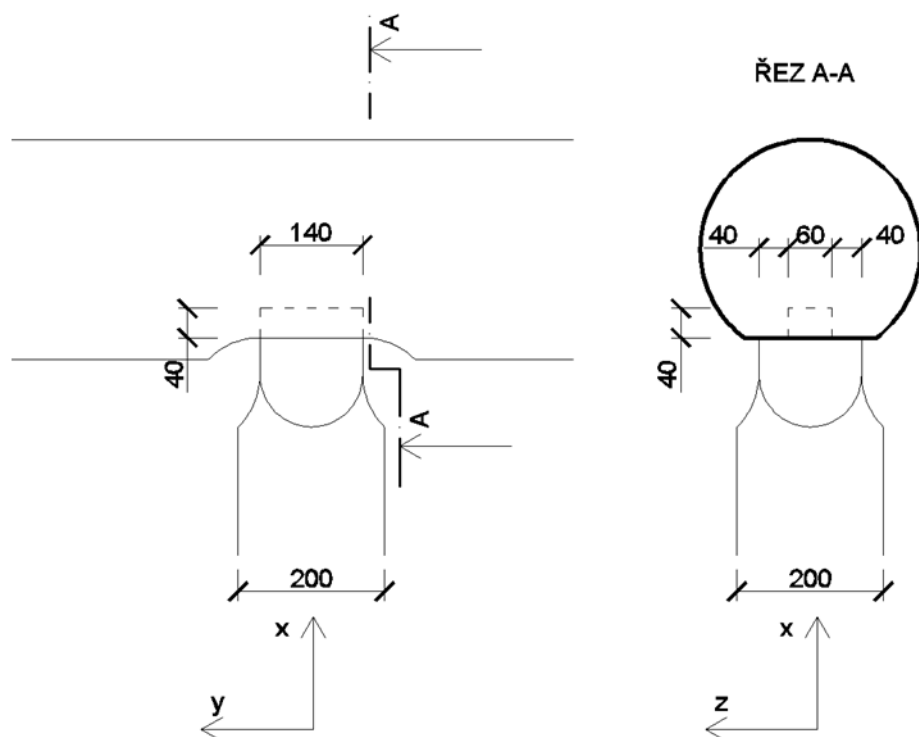
$$= \frac{1}{\sqrt{200} \cdot \left(\sqrt{0,900 \cdot (1 - 0,900)} + 0,8 \cdot \frac{20}{200} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,900} - 0,900^2} \right)} = 1,028$$

- Posudek

$$\tau_{y,d} = 0,074 \text{ MPa} < k_{v,y} \cdot f_{v,d} = 0,587 \cdot 1,731 = 1,016 \text{ MPa} \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

$$\tau_{z,d} = 0,032 \text{ MPa} < k_{v,z} \cdot f_{v,d} = 1,0 \cdot 1,731 = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

b) Sloupek – vaznice



Obrázek 53 - Začepování sloupku od vaznice

Normálová napětí ve spoji

I. Od normálové síly

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly ve sloupku v místě spoje

$$N_{Ed} = -12,640 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha dosedající části sloupku

$$A = 140 \cdot 140 = 19\,600 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna vaznice a rovnoběžně s vlákny sloupku

$$\sigma_{c,90,d} = \sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{-12\,640}{19\,600} = -0,645 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} = \frac{0,645}{14,538} = 0,044 < 1 \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

$$\frac{|\sigma_{c,90,d}|}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,645}{1,0 \cdot 1,731} = 0,373 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

II. Od posouvajících sil

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy y

$$V_{y,\text{Ed}} = -0,450 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$
- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy z
 $V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 1)
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Čelní plocha čepu kolmá na osu y
 $A_y = 60 \cdot 40 = 2\,400 \text{ mm}^2$
- Čelní plocha čepu kolmá na osu z
 $A_z = 140 \cdot 40 = 5\,600 \text{ mm}^2$

Posouzení

- Tlakové napětí rovnoběžně s vlákny vaznice a kolmo na vlákna sloupku rovnoběžně s osou y

$$\sigma_{y,c,90,d} = \sigma_{y,c,0,d} = \frac{|V_{y,Ed}|}{A_z} = \frac{450}{5\,600} = 0,080 \text{ MPa}$$

- Tlakové napětí kolmo na vlákna vaznice a sloupku rovnoběžně s osou z

$$\sigma_{z,c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_y} = \frac{230}{2\,400} = 0,096 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1,0$$

- Posouzení

$$\frac{\sigma_{y,c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,080}{14,538} = 0,006 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{z,c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,096}{1,0 \cdot 1,731} = 0,055 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE I SLOUPEK VYHOVUJÍ}$$

Smyková napětí v čepu

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy y

$$V_{y,Ed} = -0,450 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh navátý zprava} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = 0,2$$

- Návrhová hodnota posouvající síly ve sloupku ve směru osy z

$$V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - podélný - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha čepu

$$A = 140 \cdot 60 = 8\,400 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Šířka průřezu v posuzovaném místě = délka čepu

$$b = 140 \text{ mm}$$

- Součinitel k_n

$$k_n = 5 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

- Sklon náběhu

$$i = 0$$

- Účinná výška průřezu = šířka čepu

$$h_{ef} = 60 \text{ mm}$$

- Smykové napětí

$$\tau_{y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_{y,Ed}|}{b \cdot h_{ef}} = \frac{1,5 \cdot 450}{140 \cdot 60} = 0,080 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{1,5 \cdot V_{z,Ed}}{b \cdot h_{ef}} = \frac{1,5 \cdot 230}{140 \cdot 60} = 0,041 \text{ MPa}$$

- Výška průřezu = šířka sloupku

$$h = 140 \text{ mm}$$

- Součinitel α

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{60}{140} = 0,423$$

- Vzdálenost působíště síly od rohu zářezu

$$x = 20 \text{ mm}$$

- Redukční součinitel k_v zohledňující koncentraci napětí v zářezu

$$k_v = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}, \frac{k_n \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{5 \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot 0^{1,5}}{\sqrt{260}} \right)} \right\} =$$

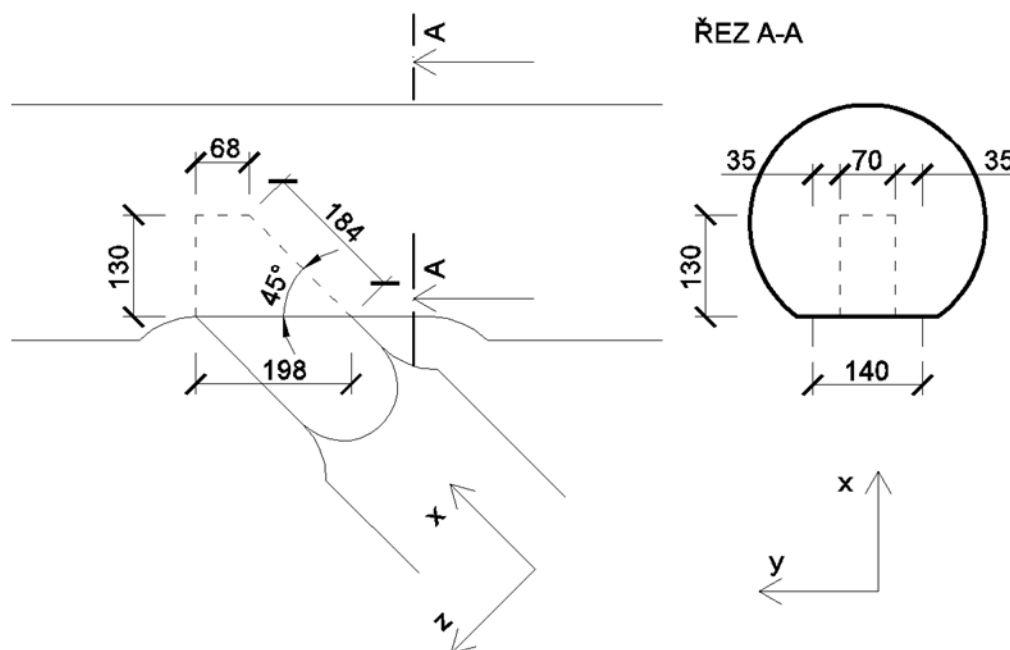
$$= \frac{1}{\sqrt{140} \cdot \left(\sqrt{0,423 \cdot (1 - 0,423)} + 0,8 \cdot \frac{20}{140} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,423} - 0,423^2} \right)} = 0,637$$

- Posudek

$$\tau_{y,d} = 0,080 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

$$\tau_{z,d} = 0,041 \text{ MPa} < k_v \cdot f_{v,d} = 0,637 \cdot 1,731 = 1,103 \text{ MPa} \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

c) Pásek – vaznice



Obrázek 54 - Začepování pásu od vaznice

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly ve sloupku v místě spoje

$$N_{Ed} = -16,070 \text{ kN}$$

- Příslušná posouvající síla ve směru osy z
 $V_{z,příslušná,d} = -0,100 \text{ kN}$
- Příslušná posouvající síla ve směru osy y
 $V_{y,příslušná,d} = 0 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9 \text{ (třída dřeva 1)}$
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Normálová napětí ve spoji

Průřezové charakteristiky

- Plocha vodorovných styčných ploch ve spoji
 $A = 198 \cdot 35 \cdot 2 + 68 \cdot 70 = 18\,620 \text{ mm}^2$
- Čelní vertikální kontaktní plocha čepu
 $A_{\text{vertikální,čep}} = 130 \cdot 70 = 9\,100 \text{ mm}^2$
- Šikmá plocha čepu
 $A_{\text{šikmá,čep}} = 184 \cdot 70 = 12\,880 \text{ mm}^2$

I. Od vertikální síly

Vertikální síla

- Sklon pásu

$$\alpha = 45^\circ$$

- Vertikální síla

$$\begin{aligned} F_{\text{vertikální,d}} &= -N_{\text{Ed}} \cdot \sin \alpha - V_{\text{z,příslušná,d}} \cdot \cos \alpha \\ &= -(-16,070) \cdot \sin 45 - (-0,100) \cdot \cos 45 = 11,434 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení

- Tlak kolmo na vlákna vaznice a šikmo k vláknům pásu

$$\sigma_{\text{vaznice,c,90,d}} = \sigma_{\text{pásek,c,\alpha,d}} = \frac{F_{\text{vertikální,d}}}{A} = \frac{11\,434}{18\,620} = 0,614 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{\text{c,90}}$

$$k_{\text{c,90}} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{\text{vaznice,c,90,d}}}{k_{\text{c,90}} \cdot f_{\text{c,90,d}}} = \frac{0,614}{1,0 \cdot 1,731} = 0,355 < 1 \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{\text{pásek,c,\alpha,d}}}{f_{\text{c,0,d}}} &= \frac{0,614}{14,538} = 0,198 \\ \frac{f_{\text{c,0,d}}}{k_{\text{c,90}} \cdot f_{\text{c,90,d}}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 &= \frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2 \\ &< 1 \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE} \end{aligned}$$

II. Od horizontální síly

Horizontální síla

- Sklon pásu

$$\alpha = 45^\circ$$

- Vertikální síla

$$\begin{aligned} F_{\text{horizontální,d}} &= -N_{\text{Ed}} \cdot \cos \alpha + V_{\text{z,příslušná,d}} \cdot \sin \alpha \\ &= -(-16,070) \cdot \cos 45 + (-0,100) \cdot \sin 45 = 11,292 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení

- Tlak šikmo k vláknům pásku

$$\sigma_{\text{pásek},c,\alpha,d} = \frac{F_{\text{horizontální},d}}{A_{\text{vertikální},\text{čep}}} = \frac{11\,292}{9\,100} = 1,241 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{\text{pásek},c,\alpha,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{1,241}{14,538} = 0,401$$
$$\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = \frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2$$
$$< 1 \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

III. Od šikmé síly

Šikmou silou je myšlena síla kolmá na šikmou plochu čepu, touto silou je tedy posouvající síla $V_{z,\text{příslušná},d}$.

Šikmá síla

- Příslušná posouvající síla ve směru osy z

$$F_{\text{šikmá},d} = V_{z,\text{příslušná},d} = -0,100 \text{ kN}$$

Posouzení

- Tlak šikmo k vláknům vaznice a kolmo k vláknům pásku

$$\sigma_{\text{vaznice},c,\alpha,d} = \sigma_{\text{pásek},c,90,d} = \frac{|F_{\text{šikmá},d}|}{A_{\text{šikmá},\text{čep}}} = \frac{100}{9\,100} = 0,011 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

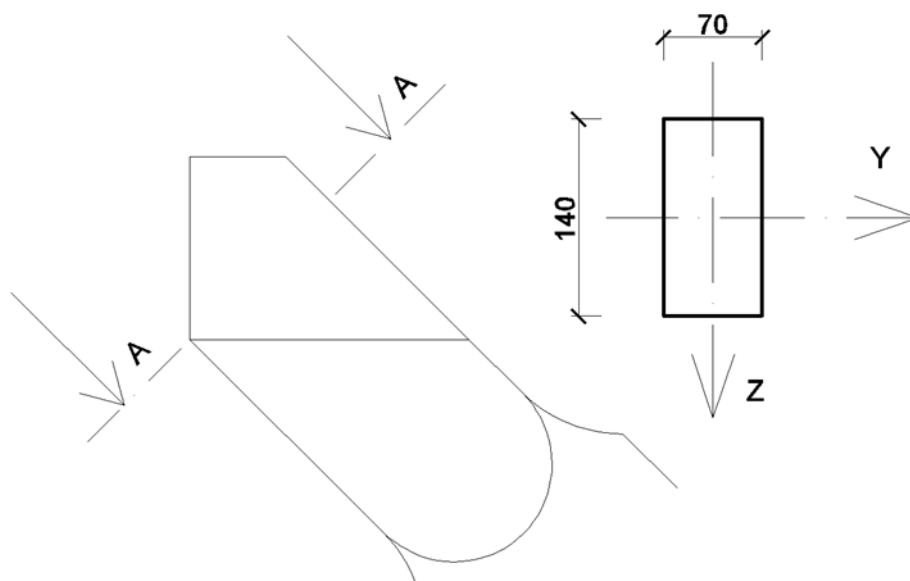
$$\frac{\sigma_{\text{pásek},c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,011}{1,0 \cdot 1,731} = 0,006 < 1 \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{\text{vaznice,c},\alpha,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,011}{14,538} = 0,004$$

$$\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = \frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2$$

$< 1 \rightarrow \check{\text{ČEP VYHOVUJE}}$

Smykové napětí v čepu



Obrázek 55 - Řez čepem pásku kolmo k jeho ose.

Průřezové charakteristiky

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y
 $I_y = 16,007 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$
- Statický moment horní části průřezu oddělené osou y
 $S_y = 70 \cdot 70 \cdot 35 = 0,172 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

Posouzení

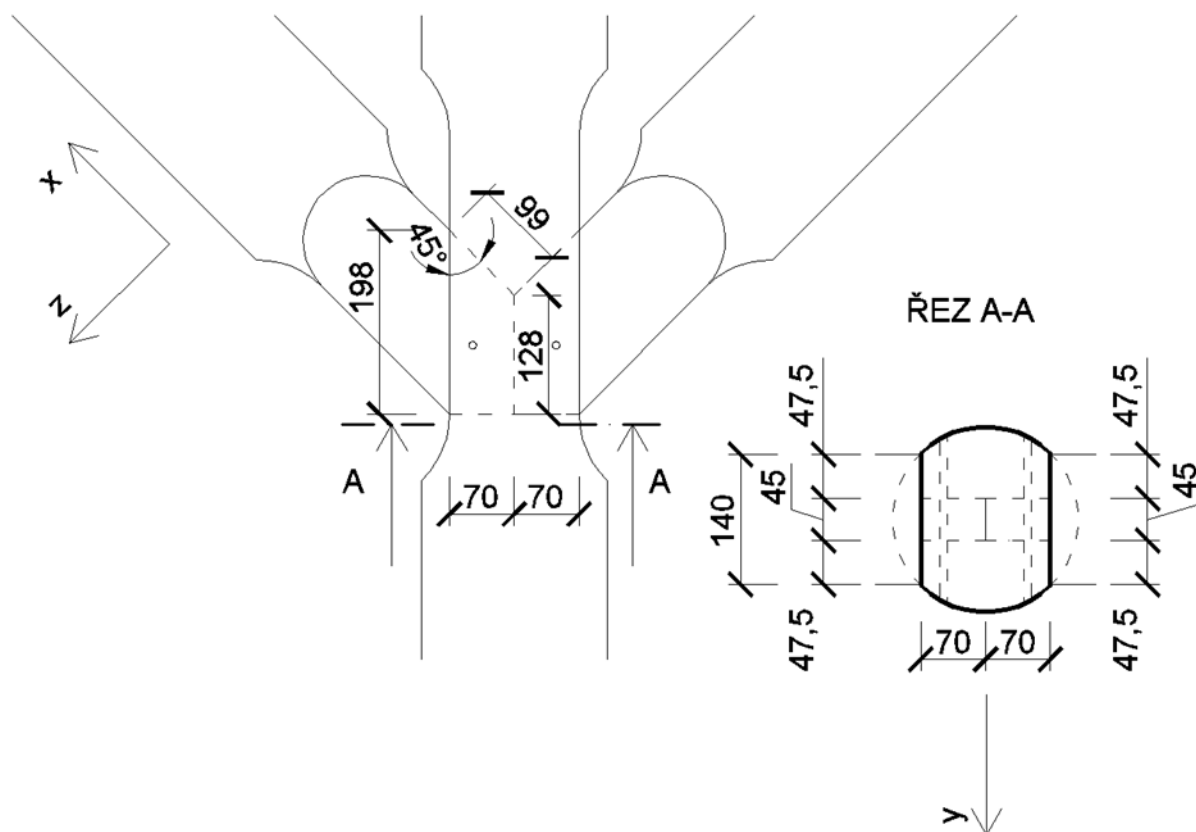
- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{|V_{z,\text{příslušná},d}| \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{100 \cdot 0,172 \cdot 10^6}{16,007 \cdot 10^6 \cdot 70} = 0,015 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,d} = 0,015 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \check{\text{ČEP VYHOVUJE}}$$

d) Pásek – sloupek



Obrázek 56 - Začepování pásků od sloupku

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota normálové síly ve sloupku v místě spoje

$$N_{Ed} = -16,280 \text{ kN}$$

- Příslušná posouvající síla ve směru osy z

$$V_{z,příslušná,d} = 0,100 \text{ kN}$$

- Příslušná posouvající síla ve směru osy y

$$V_{y,příslušná,d} = 0 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,9 = 14,538 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Normálová napětí ve spoji

Průřezové charakteristiky

- Plocha svislých ploch pásku ve spoji

$$A = 140 \cdot 47,5 \cdot 2 + 128 \cdot 45 = 19\,060 \text{ mm}^2$$

- Čelní horizontální kontaktní plocha čepu

$$A_{\text{horizontální,čep}} = 45 \cdot 70 = 3\,150 \text{ mm}^2$$

- Šikmá plocha čepu

$$A_{\text{šikmá,čep}} = 99 \cdot 70 = 4\,455 \text{ mm}^2$$

I. Od horizontální síly

Horizontální síla

- Sklon pásku

$$\alpha = 45^\circ$$

- Horizontální síla

$$\begin{aligned} F_{\text{horizontální,d}} &= -N_{Ed} \cdot \cos \alpha + V_{z,\text{příslušná,d}} \cdot \sin \alpha \\ &= -(-16,280) \cdot \cos 45 + 0,100 \cdot \sin 45 = 11,582 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení

- Tlak kolmo na vlákna sloupku a šikmo k vláknům pásku

$$\sigma_{\text{sloupek},c,90,d} = \sigma_{\text{pásek},c,\alpha,d} = \frac{F_{\text{horizontální},d}}{A} = \frac{11\,582}{19\,060} = 0,608 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{\text{sloupek},c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,608}{1,0 \cdot 1,731} = 0,351 < 1 \rightarrow \text{SLOUPEK VYHOVUJE}$$

$$\frac{\frac{\sigma_{\text{pásek},c,\alpha,d}}{f_{c,0,d}}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2} = \frac{\frac{0,608}{14,538}}{\frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2} = 0,196 < 1 \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

II. Od vertikální síly

Vertikální síla

- Sklon pásku
 $\alpha = 45^\circ$
- Vertikální síla

$$\begin{aligned} F_{\text{vertikální},d} &= -N_{Ed} \cdot \sin \alpha - V_{z,\text{příslušná},d} \cdot \cos \alpha \\ &= -(-16,280) \cdot \sin 45 - 0,100 \cdot \cos 45 = 11,441 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ve vertikálním směru je část síly přenášena čelní plochou čepu a zbylá část síly jedním párem ocelových kolíků. Do každého předvrtaného otvoru jsou umístěny dva stejně dlouhé kolíky, které jsou posouzeny jako jednostřížně působící. Čelní plocha čepu přenáší takovou část vertikální síly, která vyvodí na horizontální čelní ploše čepu tlak, který odpovídá pevnosti dřeva v tlaku šikmo na vlákna.

- Síla přenesená čelní horizontální plochou čepu

$$F_{\text{vertikální,čep,d}} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2} \cdot A_{\text{horizontální,čep}} =$$

$$= \frac{14,538}{\frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2} \cdot 3\,150 \cdot 10^{-3} = 9,749 \text{ kN}$$

- Síla přenesená ocelovými kolíky

$$F_{\text{vertikální,kolík,d}} = F_{\text{vertikální,d}} - F_{\text{vertikální,čep,d}} = 11,441 - 9,749 = 1,692 \text{ kN}$$

Posouzení horizontálního čela čepu

- Tlak šikmo k vláknům pásku

$$\sigma_{\text{pásek,c,\alpha,d}} = \frac{F_{\text{vertikální,čep,d}}}{A_{\text{horizontální,čep}}} = \frac{9\,749}{3\,150} = 3,095 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{\text{pásek,c,\alpha,d}}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2} = \frac{3,095}{\frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\sin 45)^2 + (\cos 45)^2} = 1$$

→ PÁSEK VYHOVUJE

Posouzení ocelového kolíku

Úhly vstupující do posudku spoje

- Úhel sevřený směrem vláken sloupku a vertikální silou

$$\beta = 0^\circ$$

- Úhel sevřený směrem vláken pásku a vertikální silou

$$\gamma = 135^\circ$$

Materiálové vlastnosti

- Charakteristická pevnost v tahu oceli

$$f_{u,k} = 360 \text{ MPa}$$

- Charakteristická hustota dřeva C24

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

- Modifikační součinitel

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \text{ (třída provozu 1)}$$

- Průměr svorníku

$$d = 8 \text{ mm}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 350 = 26,404 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_{90} pro dřeva jehličnatých dřevin

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 8 = 1,470$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva kleštiny pro úhel β

$$f_{h,\beta,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \beta)^2 + (\cos \beta)^2} = \frac{26,404}{1,470 \cdot (\sin 0)^2 + (\cos 0)^2} = 26,404 \text{ MPa}$$

- Charakteristická pevnost v otláčení dřeva krokve pro úhel γ

$$f_{h,\gamma,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \gamma)^2 + (\cos \gamma)^2} = \frac{26,404}{1,470 \cdot (\sin 135)^2 + (\cos 135)^2} = 21,380 \text{ MPa}$$

- Poměr pevnostmi v otláčení prvků

$$\beta = \frac{f_{h,\beta,k}}{f_{h,\gamma,k}} = \frac{26,404}{21,380} = 0,810$$

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti svorníku

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 360 \cdot 8^{2,6} = 24,069 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti

a) Pásek

- Od nezatíženého konce

$$a_{3,c} = \max \begin{cases} a_{3,t} \cdot |\sin \gamma| = 80 \cdot |\sin 135| = 56,569 \text{ mm} \\ 3 \cdot d = 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} \end{cases} < 64 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Od zatíženého okraje

$$a_{4,t} = \max \begin{cases} (2 + 2 \cdot \sin \beta) \cdot d = (2 + 2 \cdot \sin 135) \cdot 8 = 27,314 \text{ mm} \\ 3 \cdot d = 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} \end{cases} < 42 \text{ mm}$$

→ VYHOVUJE

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} < 49 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) Sloupek

- Od nezatíženého okraje

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 8 = 24 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek

- Tloušťka dřeva krokve po obou stranách kleštiny uvnitř spoje

$$t_1 = 49 \text{ mm}$$

- Hloubka vniku kolíku do čepu pásku

$$t_2 = 22,5 \text{ mm}$$

- Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho svorníku

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,\gamma,k} \cdot t_2 \cdot d \\ \frac{f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,\beta,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\beta,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,\beta,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\beta,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,\beta,k} \cdot d} \end{cases}$$

$$F_{V,Rk} = \min \begin{cases} 10,350 \text{ kN} \\ 3,848 \text{ kN} \\ 3,331 \text{ kN} \\ 3,961 \text{ kN} \\ 2,400 \text{ kN} \\ 3,469 \text{ kN} \end{cases} = 2,400 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost pro jeden stříh jednoho kolíku

$$F'_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,400}{1,3} \cdot 0,9 = 1,662 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost dvou jednostřížných svorníků (kolíky jsou umístěny v jednom otvoru za sebou)

$$F_{V,Rd} = 2 \cdot F'_{V,Rd} = 2 \cdot 1,662 = 3,324 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{V,Rd} = 3,324 \text{ kN} > F_{\text{vertikální,kolík,d}} = 1,692 \text{ kN} \rightarrow \text{KOLÍKY VYHOVUJÍ}$$

III. Od šikmé síly

Šikmou silou je myšlena síla kolmá na šikmou plochu čepu, touto silou je tedy posouvající síla $V_{z,\text{příslušná,d}}$.

Šikmá síla

- Příslušná posouvající síla ve směru osy z

$$F_{\text{šikmá,d}} = V_{z,\text{příslušná,d}} = 0,100 \text{ kN}$$

Posouzení

- Tlak šikmo k vláknům sloupku a kolmo k vláknům pásu

$$\sigma_{\text{sloupek,c},\alpha,d} = \sigma_{\text{pásek,c},90,d} = \frac{F_{\text{šikmá,d}}}{A_{\text{šikmá,čep}}} = \frac{100}{4\,455} = 0,022 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

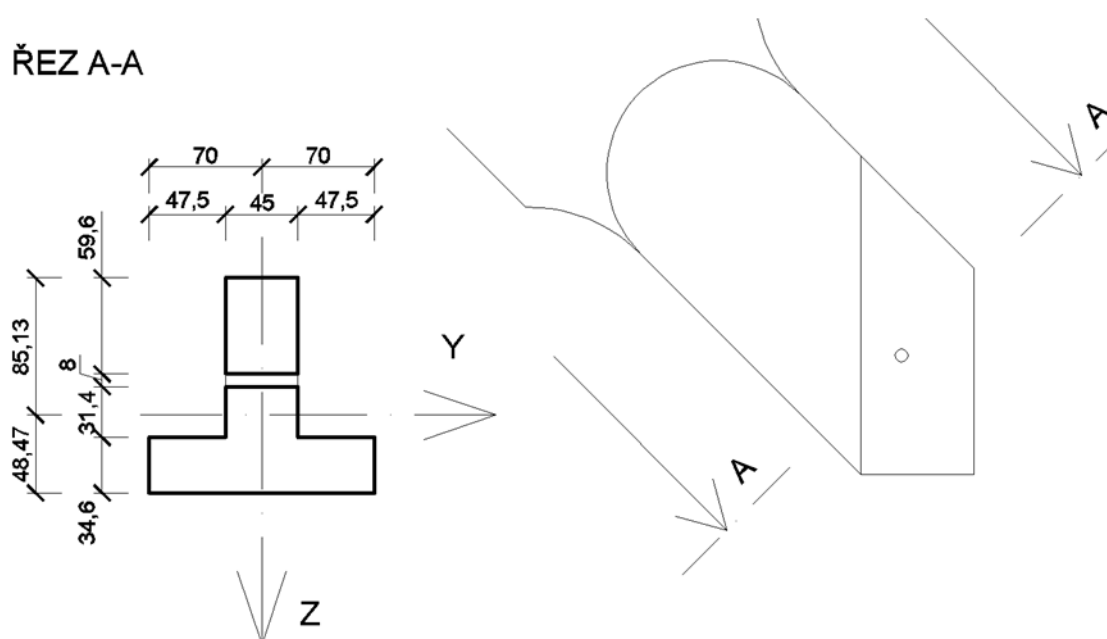
$$\frac{\sigma_{\text{pásek,c},90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,022}{1,0 \cdot 1,731} = 0,013 < 1 \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{\text{sloupek,c},\alpha,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,022}{14,538} = 0,007$$

$$\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot (\tan \alpha)^2 + (\tan 45)^2 = \frac{14,538}{1,0 \cdot 1,731} \cdot (\tan 45)^2 + (\tan 45)^2$$

$$< 1 \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

Smykové napětí v čepu



Obrázek 57 - Řez kolmo k ose pásku vedený otvorem pro ocelové kolíky

Průřezové charakteristiky

- Moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 14,315 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

- Statický moment horní části průřezu oddělené osou y

$$S_y = 59,6 \cdot 45 \cdot (85,13 - 0,5 \cdot 59,6) + (85,13 - 59,6 - 8) \cdot 45 \cdot 0,5 \cdot (85,13 - 59,6 - 8) = 0,155 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Posouzení

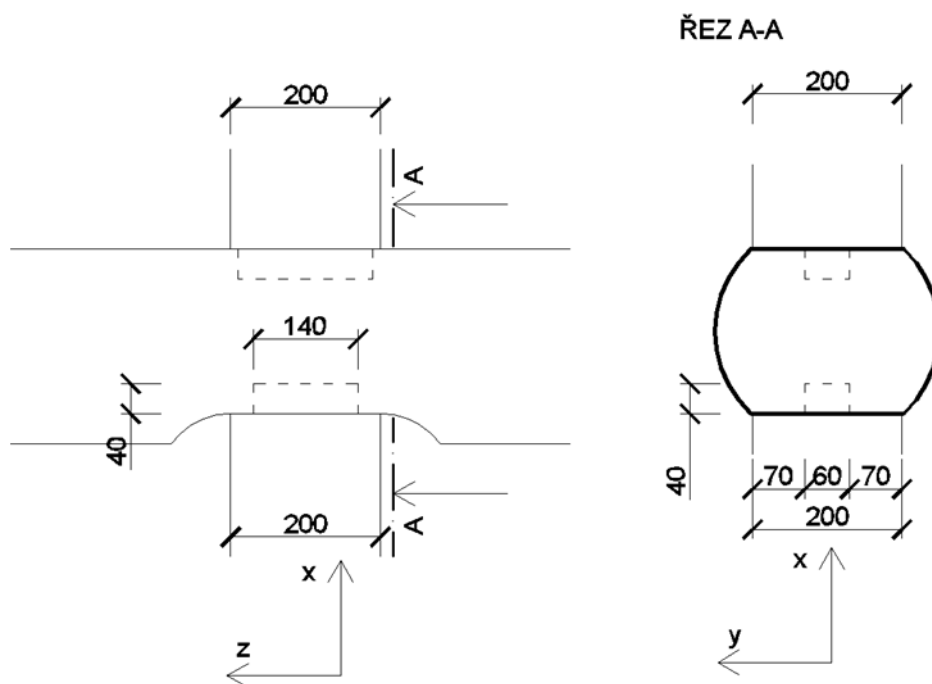
- Smykové napětí

$$\tau_{xz,d} = \frac{V_{z,příslušná,d} \cdot S_y}{I_y \cdot b} = \frac{100 \cdot 0,155 \cdot 10^6}{14,315 \cdot 10^6 \cdot 45} = 0,024 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,d} = 0,024 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,731 \text{ MPa} \rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE}$$

d) Sloup - stropní trám



Obrázek 58 - Příčný řez trámem v místě uložení na obvodovou srubovou stěnu

Tlak kolmo na vlákna

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly

$$N_{Ed} = -45,070 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - podélný - cpi} = -0,3$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (třída provozu 3 – koupelna)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Dosedací plocha sloupu na stropní trám

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 100^2 = 31\,416 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna trámu

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{-45\,070}{31\,416} = 1,435 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

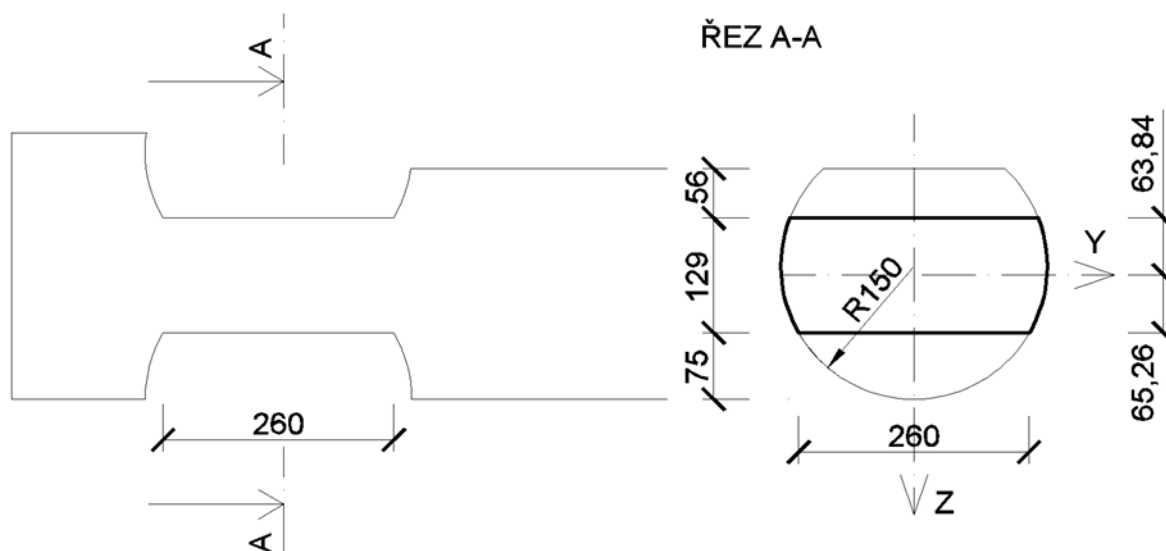
$$k_{c,90} = \left(2,38 - \frac{l}{250}\right) \cdot \left(1 + \frac{h}{6 \cdot l}\right) = \left(2,38 - \frac{200}{250}\right) \cdot \left(1 + \frac{220}{6 \cdot 200}\right) =$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{1,435}{1 \cdot 1,731} = 0,829 \leq 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

5.11 Překlátování

a) Stropní trám – srubová obvodová stěna



Obrázek 59 - Příčný řez trámem v místě uložení na obvodovou srubovou stěnu

Tlak kolmo na vlákna

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota reakce v podpoře trámu

$$R_{Ed} = 11,650 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,75 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi} = 0,2$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,7 \text{ (třída provozu 2 – exteriér krytý přesahem střechy)}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Dosedací plocha trámu na stěnovou kládu

$$A = 260 \cdot 260 = 67\,600 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna trámu

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{Ed}}{A} = \frac{11\,650}{67\,600} = 0,172 \text{ MPa}$$

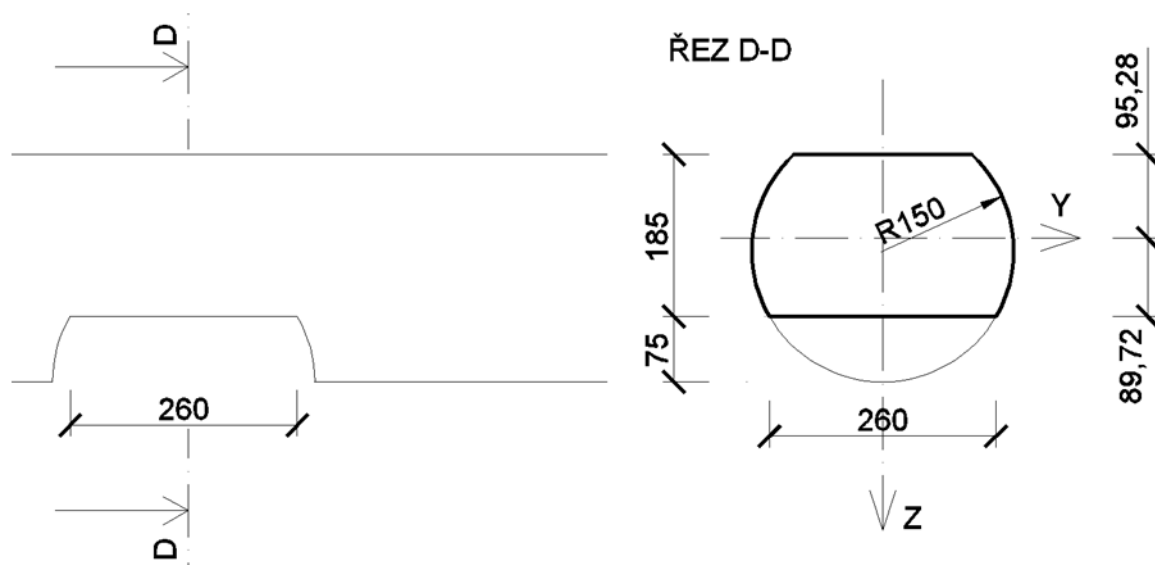
- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,172}{1 \cdot 1,731} = 0,099 \leq 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

b) Stropní trám – srubová vnitřní stěna



Obrázek 60 - Příčný řez trámem v místě uložení na vnitřní srubovou stěnu

Tlak kolmo na vlákna

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota reakce v podpoře trámu
 $R_{Ed} = 24,650 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 1 - c_{pi} = 0,2$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel
 $k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2 – koupelna)
- Návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,9 = 1,731 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Dosedací plocha trámu na stěnovou kládu

$$A = 260 \cdot 260 = 67\,600 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlakové napětí kolmo na vlákna trámu

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{Ed}}{A} = \frac{24\,650}{67\,600} = 0,365 \text{ MPa}$$

- Součinitel $k_{c,90}$

$$k_{c,90} = 1$$

- Posudek

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,365}{1 \cdot 1,731} = 0,211 \leq 1 \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

6 Mezní stav použitelnosti - trvalá a dočasná návrhová situace

6.1 Krokev

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,00 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 3 - cpi} = -0,3$$

a) Střední pole

Jelikož je největší průhyb na krokvi, která se nachází v exteriéru, který je s ohledem na dotvarování krokve méně příznivý než prostředí v interiéru, stačí průhyb posoudit pouze u této vnější krokve.

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh
 $\psi_{2,1} = 0$
- vítr
 $\psi_{2,2} = 0$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr
 $\psi_{0,2} = 0,6$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení
 $w_{\text{inst,G}} = -2,281 \text{ mm}$
- sníh
 $w_{\text{inst,Q,1}} = -1,043 \text{ mm}$
- vítr
 $w_{\text{inst,Q,2}} = -0,637 \text{ mm}$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (třída provozu 2)}$$

- stálé zatížení

$$w_{\text{fin,G}} = w_{\text{inst,G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = -2,281 \cdot (1 + 0,8) = -4,106 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{fin,Q,1}} = w_{\text{inst,Q,1}} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = -1,043 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = -1,043 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{fin,Q,2}} = w_{\text{inst,Q,2}} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = -0,637 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = -0,382 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} + w_{\text{inst,Q,2}} = -2,281 - 1,043 - 0,637 = -3,961 \text{ mm}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,Q,1}} + w_{\text{fin,Q,2}} = -4,106 - 1,043 - 0,382 = -5,531 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Krokev je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst,lim}} = L/300 = 3\,785/300 = 12,617 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{net,fin,lim}} = L/250 = 3\,785/250 = 15,140 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{\text{inst}}| = 3,961 \text{ mm} < w_{\text{inst,lim}} = 12,617 \text{ mm} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{\text{fin}}| = 5,531 \text{ mm} < w_{\text{net,fin,lim}} = 15,140 \text{ mm} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

b) Převislý konec

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,00 \cdot \text{Sníh nenavátý} + 0,70 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} \\ + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + \\ 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 3 \cdot c_{pi} = -0,3$$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh

$$\psi_{2,1} = 0$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

- užitné zatížení na stropě podkroví

$$\psi_{2,3} = 0,3$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

- užitné zatížení na stropě v podkroví

$$\psi_{0,3} = 0,7$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{inst,G} = 1,398 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{inst,Q,1} = 0,743 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{inst,Q,2} = 0,168 \text{ mm}$$

- užitné zatížení na stropě v podkroví

$$u_{inst,Q,3} = 0,050 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (třída provozu 2)}$$

- stálé zatížení

$$w_{\text{fin,G}} = w_{\text{inst,G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 1,398 \cdot (1 + 0,8) = 2,516 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{fin,Q,1}} = w_{\text{inst,Q,1}} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = 0,743 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = 0,743 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{fin,Q,2}} = w_{\text{inst,Q,2}} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = 0,168 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = 0,101 \text{ mm}$$

- užité zatížení na střeše

$$w_{\text{fin,Q,3}} = w_{\text{inst,Q,3}} \cdot (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} \cdot k_{\text{def}}) = 0,050 \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,8) = 0,047 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{\text{inst}} &= w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} + w_{\text{inst,Q,2}} + w_{\text{inst,Q,3}} = 1,398 + 0,743 + 0,168 + 0,050 \\ &= 2,359 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$\begin{aligned} w_{\text{fin}} &= w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,Q,1}} + w_{\text{fin,Q,2}} + w_{\text{fin,Q,3}} = 2,516 + 0,743 + 0,101 + 0,047 \\ &= 3,407 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Krokv je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst,lim}} = L/300 = 1\,275/300 = 4,250 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{net,fin,lim}} = L/250 = 1\,275/250 = 5,1 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst}} = 2,359 \text{ mm} < w_{\text{inst,lim}} = 4,250 \text{ mm} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{fin}} = 3,407 \text{ mm} < w_{\text{net,fin,lim}} = 5,100 \text{ mm} \rightarrow \text{KROKEV VYHOVUJE}$$

6.2 Vaznice

a) Střední část - interiér

$u_{z,\text{max}}$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,00 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = -0,3$$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh

$$\psi_{2,1} = 0$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{z,\text{inst,G}} = -0,489 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{z,\text{inst,Q,1}} = -0,267 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{z,inst,Q,2} = -0,109 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{def} = 0,6 \text{ (třída provozu 1)}$$

- stálé zatížení

$$w_{z,fin,G} = w_{z,inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = -0,489 \cdot (1 + 0,6) = -0,782 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{z,fin,Q,1} = w_{z,inst,Q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) = -0,267 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -0,267 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{z,fin,Q,2} = w_{z,inst,Q,2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{def}) = -0,109 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = -0,065 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{z,inst} &= w_{z,inst,G} + w_{z,inst,Q,1} + w_{z,inst,Q,2} = -0,489 - 0,267 - 0,109 \\ &= -0,865 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{z,fin} = w_{z,fin,G} + w_{z,fin,Q,1} + w_{z,fin,Q,2} = -0,782 - 0,267 - 0,065 = -1,114 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Vaznice je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,lim} = L/300 = 6\,000/300 = 20 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{net,fin,lim} = L/250 = 6\,000/250 = 24 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{z,inst}| = 0,865 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{z,fin}| = 1,114 \text{ mm} < w_{net,fin,lim} = 24 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$u_{y,max}$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,00 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 2 \cdot c_{pi} = -0,3$$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh

$$\psi_{2,1} = 0$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{y,inst,G} = -1,099 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{y,inst,Q,1} = -0,704 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{y,inst,Q,2} = -0,532 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,6 \text{ (třída provozu 1)}$$

- stálé zatížení

$$w_{y,\text{fin},G} = w_{y,\text{inst},G} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = -1,099 \cdot (1 + 0,6) = -1,758 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{y,\text{fin},Q,1} = w_{y,\text{inst},Q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = -0,704 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -0,704 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{y,\text{fin},Q,2} = w_{y,\text{inst},Q,2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = -0,532 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = -0,319 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{y,\text{inst}} &= w_{y,\text{inst},G} + w_{y,\text{inst},Q,1} + w_{y,\text{inst},Q,2} = -1,099 - 0,704 - 0,532 \\ &= -2,335 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{y,\text{fin}} = w_{y,\text{fin},G} + w_{y,\text{fin},Q,1} + w_{y,\text{fin},Q,2} = -1,758 - 0,704 - 0,319 = -2,781 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Vaznice je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst},\text{lim}} = L/300 = 11\,900/300 = 39,667 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{net},\text{fin},\text{lim}} = L/250 = 11\,900/250 = 47,6 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{y,\text{inst}}| = 2,335 \text{ mm} < w_{\text{inst},\text{lim}} = 39,667 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{y,\text{fin}}| = 2,781 \text{ mm} < w_{\text{net},\text{fin},\text{lim}} = 47,6 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

b) Převislý konec – exteriér

$u_{z,max}$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,00 \cdot \text{Sníh – nenavátý} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr – příčný – zleva – 3 – cpi} = -0,3 \text{ MSP 53}$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh

$$\psi_{2,1} = 0$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{z,inst,G} = -2,565 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{z,inst,Q,1} = -1,172 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{z,inst,Q,2} = -0,738 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{def} = 0,8 \text{ (třída provozu 2)}$$

- stálé zatížení

$$w_{z,fin,G} = w_{z,inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = -2,565 \cdot (1 + 0,8) = -4,617 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{z,fin,Q,1} = w_{z,inst,Q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) = -1,172 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = -1,172 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{z,fin,Q,2} = w_{z,inst,Q,2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{def}) = -0,738 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = -0,443 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{z,inst} &= w_{z,inst,G} + w_{z,inst,Q,1} + w_{z,inst,Q,2} = -2,565 - 1,172 - 0,738 = \\ &= -4,475 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{z,fin} = w_{z,fin,G} + w_{z,fin,Q,1} + w_{z,fin,Q,2} = -4,617 - 1,172 - 0,443 = -6,232 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Vaznice je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,lim} = L/300 = 2\,000/300 = 6,667 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{net,fin,lim} = L/250 = 2\,000/250 = 8 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{z,inst}| = 4,475 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 6,667 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{z,fin}| = 6,232 \text{ mm} < w_{net,fin,lim} = 8,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

$u_{y,max}$

- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,50 \cdot \text{Sníh} - \text{navátý zprava} + 0,70 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě podkroví} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 1,00 \cdot \text{Vítr} - \text{příčný} - \text{zleva} - 1 - c_{pi} = 0,2$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh
 $\psi_{2,1} = 0$
- vítr
 $\psi_{2,2} = 0$
- užitné zatížení na stropě podkroví
 $\psi_{2,3} = 0,3$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- sníh
 $\psi_{0,1} = 0,5$
- užitné zatížení na stropě podkroví
 $\psi_{0,3} = 0,7$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení
 $w_{y,inst,G} = -0,148 \text{ mm}$
- sníh
 $w_{y,inst,Q,1} = -0,076 \text{ mm}$
- vítr
 $w_{y,inst,Q,2} = -0,296 \text{ mm}$
- užitné zatížení na stropě podkroví
 $w_{y,inst,Q,3} = 0 \text{ mm}$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (třída provozu 2)}$$

- stálé zatížení

$$w_{y,\text{fin},G} = w_{y,\text{inst},G} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = -0,148 \cdot (1 + 0,8) = -0,266 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{y,\text{fin},Q,1} = w_{y,\text{inst},Q,1} \cdot (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = -0,076 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,8) = -0,038 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{y,\text{fin},Q,2} = w_{y,\text{inst},Q,2} \cdot (1 + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = -0,296 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = -0,296 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkroví

$$w_{y,\text{fin},Q,3} = w_{y,\text{inst},Q,3} \cdot (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} \cdot k_{\text{def}}) = 0 \cdot (0,7 + 0,3 \cdot 0,8) = 0 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{y,\text{inst}} &= w_{y,\text{inst},G} + w_{y,\text{inst},Q,1} + w_{y,\text{inst},Q,2} + w_{y,\text{inst},Q,3} = \\ &= -0,148 - 0,076 - 0,296 - 0 = -0,520 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$\begin{aligned} w_{y,\text{fin}} &= w_{y,\text{fin},G} + w_{y,\text{fin},Q,1} + w_{y,\text{fin},Q,2} + w_{y,\text{fin},Q,3} = -0,266 - 0,038 - 0,296 - 0 \\ &= -0,600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Vaznice je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst},\text{lim}} = L/300 = 2\,000/300 = 6,667 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{net},\text{fin},\text{lim}} = L/250 = 2\,000/250 = 8 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{y,inst}| = 0,520 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 6,667 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{y,fin}| = 0,600 \text{ mm} < w_{net,fin,lim} = 8,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VAZNICE VYHOVUJE}$$

6.3 Stropní trám

a) Střední pole

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,00 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 4 - cpi} = 0,2$$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Užitné zatížení na stropě podkroví

$$\psi_{2,1} = 0,3$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

- sníh

$$\psi_{2,3} = 0$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

- sníh

$$\psi_{0,3} = 0,5$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{\text{inst},G} = -0,490 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkroví

$$w_{\text{inst},Q,1} = -1,433 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{inst},Q,2} = -0,001 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{inst},Q,3} = -0,001 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (třída provozu 2)}$$

Jelikož se trámy nacházejí v třídách provozu 1 a 2, kde třída provozu 2 je uvažována v koupelně, je bezpečně uvažována třída provozu 2.

- stálé zatížení

$$w_{\text{fin},G} = w_{\text{inst},G} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = -0,490 \cdot (1 + 0,8) = -0,882 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkroví

$$w_{\text{fin},Q,1} = w_{\text{inst},Q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = -1,433 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) = -1,777 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{fin},Q,2} = w_{\text{inst},Q,2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = -0,001 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,8) = -0,001 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{fin},Q,3} = w_{\text{inst},Q,3} \cdot (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} \cdot k_{\text{def}}) = -0,001 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,8) = -0,001 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{\text{inst}} &= w_{\text{inst},G} + w_{\text{inst},Q,1} + w_{\text{inst},Q,2} + w_{\text{inst},Q,3} = \\ &= -0,490 - 1,433 - 0,001 - 0,001 = -1,925 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q,1} + w_{fin,Q,2} + w_{fin,Q,3} = -0,882 - 1,777 - 0,001 - 0,001 \\ = -2,661 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Trám je proveden bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,lim} = L/300 = 4\,000/300 = 13,333 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{net,fin,lim} = L/250 = 4\,000/250 = 16 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{inst}| = 1,925 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 13,333 \text{ mm} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{fin}| = 2,661 \text{ mm} < w_{net,fin,lim} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

b) Převislý konec

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,50 \cdot \text{Sníh - navátý zprava} + 1,00 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě} \\ \text{v podkroví} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha} \\ \text{skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 4 - c_{pi} = -0,3$$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- užitné zatížení na stropě podkroví

$$\psi_{2,1} = 0,3$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

- sníh

$$\psi_{2,3} = 0$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

- sníh

$$\psi_{0,3} = 0,5$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{\text{inst},G} = 0,184 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkrovní

$$w_{\text{inst},Q,1} = 0,612 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{inst},Q,2} = 0,002 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{inst},Q,3} = 0,011 \text{ mm}$$

Převislý konec je při této kombinaci zatížení prohýbán směrem vzhůru, hodnoty průhybů jsou proto uváděny v kladných hodnotách.

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,6 \text{ (třída provozu 1)}$$

- stálé zatížení

$$w_{\text{fin},G} = w_{\text{inst},G} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 0,184 \cdot (1 + 0,6) = 0,294 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkrovní

$$w_{\text{fin},Q,1} = w_{\text{inst},Q,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = 0,612 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 0,722 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{fin},Q,2} = w_{\text{inst},Q,2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = 0,002 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = 0,001 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{fin,Q,3} = w_{inst,Q,3} \cdot (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} \cdot k_{def}) = 0,011 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) = 0,006 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q,1} + w_{inst,Q,2} + w_{inst,Q,3} = 0,184 + 0,612 + 0,002 + 0,011 \\ = 0,809 \text{ mm}$$

- celkový finální průhyb

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q,1} + w_{fin,Q,2} + w_{fin,Q,3} = 0,294 + 0,722 + 0,001 + 0,006 \\ = 1,023 \text{ mm}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Trám je proveden bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,lim} = L/300 = 1\,175/300 = 3,917 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{net,fin,lim} = L/250 = 1\,175/250 = 4,7 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$w_{inst} = 0,809 \text{ mm} < w_{inst,lim} = 3,917 \text{ mm} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{fin} = 1,023 \text{ mm} < w_{net,fin,lim} = 4,700 \text{ mm} \rightarrow \text{TRÁM VYHOVUJE}$$

6.4 Nadpražní překládová kláda

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,00 \cdot \text{Vlastní tíha} + 0,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,00 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,00 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,00 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,00 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,60 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva - 2 - cpi} = 0,2$

Součinitele pro kvazistálou hodnotu zatížení

- Sníh

$$\psi_{2,1} = 0$$

- vítr

$$\psi_{2,2} = 0$$

- užitné zatížení na stropě podkroví

$$\psi_{2,3} = 0,3$$

Součinitele pro kombinační hodnotu ostatních proměnných zatížení

- sníh

$$\psi_{0,1} = 0,5$$

- vítr

$$\psi_{0,2} = 0,6$$

Okamžité průhyby

- stálé zatížení

$$w_{\text{inst,G}} = -0,050 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{inst,Q,1}} = 0 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{inst,Q,2}} = 0 \text{ mm}$$

- užitné zatížení na stropě podkroví

$$w_{\text{inst,Q,3}} = -0,139 \text{ mm}$$

Finální průhyby

- součinitel dotvarování

$$k_{\text{def}} = 0,6 \text{ (třída provozu 1)}$$

- stálé zatížení

$$w_{\text{fin,G}} = w_{\text{inst,G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = -0,050 \cdot (1 + 0,6) = -0,080 \text{ mm}$$

- sníh

$$w_{\text{fin,Q,1}} = w_{\text{inst,Q,1}} \cdot (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) = 0 \text{ mm}$$

- vítr

$$w_{\text{fin,Q,2}} = w_{\text{inst,Q,2}} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{\text{def}}) = 0 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = 0 \text{ mm}$$

- užité zatížení na stropě podkroví

$$w_{\text{fin,Q,3}} = w_{\text{inst,Q,3}} \cdot (1 + \psi_{2,3} \cdot k_{\text{def}}) = -0,139 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = -0,164 \text{ mm}$$

Celkové průhyby

- celkový okamžitý průhyb

$$\begin{aligned} w_{\text{inst}} &= w_{\text{inst,G}} + w_{\text{inst,Q,1}} + w_{\text{inst,Q,2}} + w_{\text{inst,Q,3}} = -0,050 + 0 + 0 - 0,139 = \\ &= -0,189 \text{ mm} \end{aligned}$$

- celkový finální průhyb

$$\begin{aligned} w_{\text{fin}} &= w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,Q,1}} + w_{\text{fin,Q,2}} + w_{\text{fin,Q,3}} = -0,080 + 0 + 0 - 0,164 = \\ &= -0,244 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitní hodnoty průhybů v poli

Kláda je provedena bez nadvýšení, finální průhyby jsou proto srovnávány s finálními čistými limitními průhyby.

- okamžitý průhyb

$$w_{\text{inst,lim}} = L/300 = 1\,400/300 = 4,667 \text{ mm}$$

- finální čistý průhyb

$$w_{\text{net,fin,lim}} = L/250 = 1\,400/250 = 5,6 \text{ mm}$$

Posouzení

- okamžitý průhyb

$$|w_{\text{inst}}| = 0,189 \text{ mm} < w_{\text{inst,lim}} = 4,667 \text{ mm} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

- finální čistý průhyb

$$|w_{\text{fin}}| = 0,244 \text{ mm} < w_{\text{net,fin,lim}} = 5,600 \text{ mm} \rightarrow \text{KLÁDA VYHOVUJE}$$

7 Mezní stav únosnosti - mimořádná návrhová situace – požár

Konstrukční prvky jsou posouzeny metodou redukovaného průřezu dle ČSN EN [7] a knihy Požární bezpečnost staveb [12]. Při této metodě je nutno stanovit účinný průřez a to pomocí redukce počátečního průřezu o účinnou hloubku zuhelnatění d_{ef} , která je spočítána v kapitole 7.2 a dále použita u posudku vybraných konstrukčních prvků.

7.1 Požární riziko

a) Požární zatížení

Nahodilé zatížení

Stanoveno podle ČSN 73 0802 [13] přílohy A pro rodinné domy.

- Nahodilé zatížení pro rodinné domy

$$p_n = 1 \text{ kg/m}^2$$

Stálé zatížení

- Stálé zatížení oken

$$p_{s,okna} = 3 \text{ kg/m}^2$$

- Stálé zatížení dveří

$$p_{s,dveře} = 2 \text{ kg/m}^2$$

- Stálé zatížení podlah

$$p_{s,podlahy} = 5 \text{ kg/m}^2$$

- Celkové stálé zatížení

$$p_s = p_{s,okna} + p_{s,dveře} + p_{s,podlahy} = 3 + 2 + 5 = 10 \text{ kg/m}^2$$

Požární zatížení

- Požární zatížení

$$p = p_n + p_s = 1 + 10 = 11 \text{ kg/m}^2$$

b) Součinitele a, b, c

Součinitel a

- Součinitel a pro nahodilé požární zatížení

$$a_n = 40$$

- Součinitel a pro stálé požární zatížení

$$a_s = 0,9$$

- Součinitel a pro požární zatížení

$$a = \frac{p_n \cdot a_n + p_s \cdot a_s}{p_n + p_s} = \frac{1 \cdot 40 + 10 \cdot 0,9}{1 + 10} = 4,455$$

Součinitel b

- Plocha otvorů v obvodových stěnách a střeše

$$S_o = 4 \cdot 2,288 + 3 \cdot 0,515 + 2 \cdot 0,590 + 1 \cdot 1,742 = 13,619 \text{ m}^2$$

- Plocha požárního úseku

$$S = 156,370 \text{ m}^2$$

- Průměrná výška otvorů v obvodových stěnách a střeše

$$\begin{aligned} h_o &= \frac{\sum_{j=1}^{10} (S_{o,i} \cdot h_{o,i})}{\sum_{j=1}^{10} S_{o,i}} = \\ &= \frac{4 \cdot 2,288 \cdot 1,525 + 3 \cdot 0,515 \cdot 0,687 + 2 \cdot 0,590 \cdot 0,983 + 1 \cdot 1,742 \cdot 2,178}{4 \cdot 2,288 + 3 \cdot 0,515 + 2 \cdot 0,590 + 1 \cdot 1,742} \\ &= \frac{19,972}{13,619} = 1,466 \text{ m} \end{aligned}$$

- Průměrná světlá výška požárního úseku

$$h_s = \frac{\sum_{j=1}^3 (S_i \cdot h_{s,i})}{S} = \frac{51,900 \cdot 4,086 + 64 \cdot 7,197 + 40,47 \cdot 3,071}{156,370} = 5,097 \text{ m}$$

- Součinitel n pro stanovení součinitele k

$$n = \frac{S_o}{S} \cdot \sqrt{\frac{h_o}{h_s}} = \frac{13,619}{156,370} \cdot \sqrt{\frac{1,466}{5,097}} = 0,047$$

- Převládající velikost půdorysných ploch místností v požárním úseku

$$S_m = 64 \text{ m}^2 \text{ (bezpečně je uvažena plocha největší místnosti v požárním úseku)}$$

- Součinitel k

$$k = 0,096$$

- Součinitel b

$$b = \frac{S \cdot k}{S_o \cdot \sqrt{h_o}} = \frac{156,370 \cdot 0,096}{13,619 \cdot \sqrt{1,466}} = 0,910$$

Součinitele c

- Součinitele c_1, c_3, c_4

$$c_1 = c_3 = c_4 = 1$$

- Součinitel c_2

$$c_2 = 0,5$$

c) Výpočtové požární zatížení

- Výpočtové požární zatížení

$$p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 = 11 \cdot 4,455 \cdot 0,910 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 22,297 \text{ kg/m}^2$$

d) Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku

Objekt srubu odpovídá II. stupni požární bezpečnosti požárního úseku.

e) Požární odolnost stavebních konstrukcí

Veškeré nosné konstrukce jako jsou nosné konstrukční prvky krovu, stropní trámy, sloupy a obvodové stěny musí být navrženy na požární odolnost minimálně R15. V diplomové práci jsou na mimořádnou návrhovou situaci při požáru navrženy a posouzeny pouze vybrané nosné konstrukční prvky. Těmito prvky jsou pásy, kleštiny a sloupy pod stropními trámy.

7.2 Účinná hloubka zuhelnatění

- Nominální návrhová rychlost zuhelnatění pro rostlé dřevo jehličnatých dřevin s $\rho_k \geq 290 \text{ kg/m}^3$
 $\beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$
- Doba vystavení účinkům požáru
 $t = 15 \text{ minut}$

- Součinitel k_0

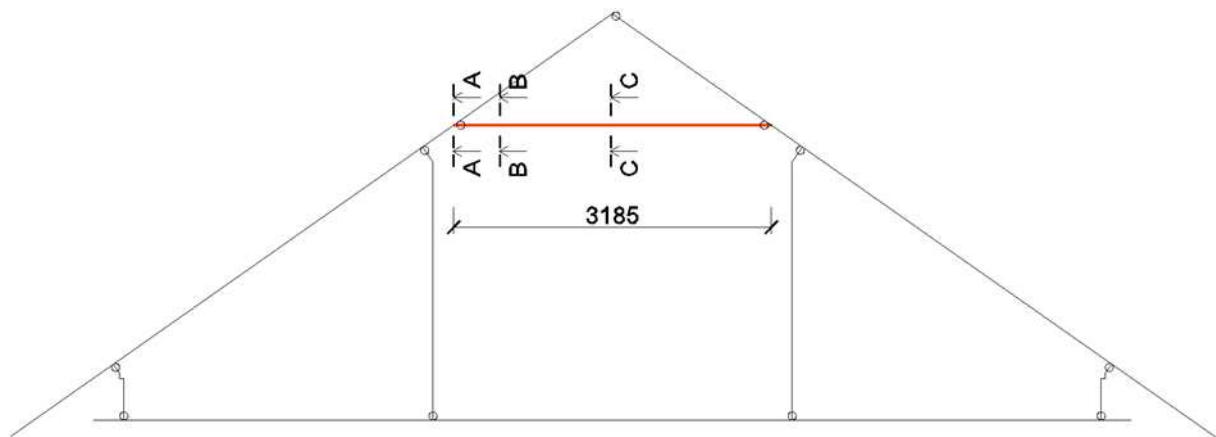
$$k_0 = \frac{t}{20} = \frac{15}{20} = 0,75$$

- Tloušťka vrstvy s předpokládanou nulovou pevností a tuhostí
 $d_0 = 7 \text{ mm}$

- Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,8 \cdot 15 + 0,75 \cdot 7 = 17,250 \text{ mm}$$

7.3 Kleština

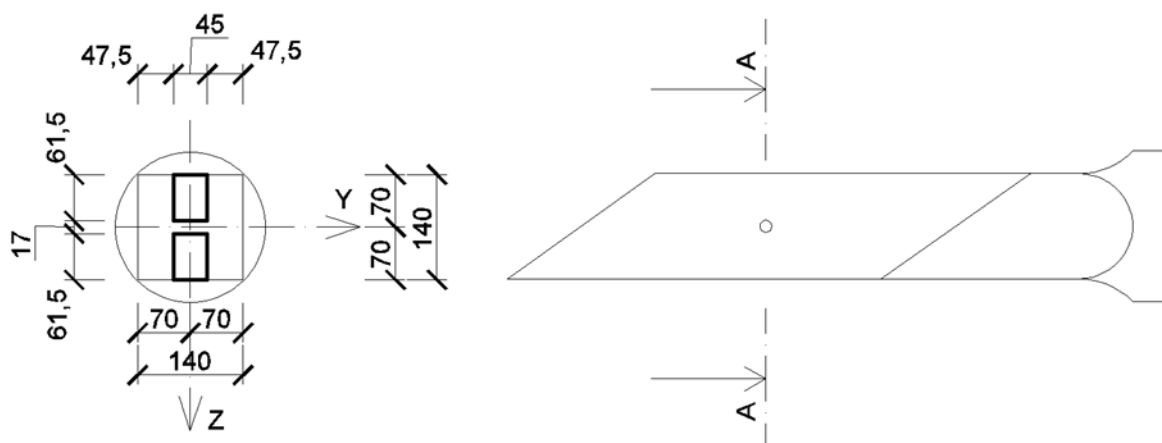


Obrázek 61 - Statické schéma kleštiny

a) Řez A-A

Tato část kleštiny je chráněna po celém svém obvodu dřevem krokve. Příčný řez kleštinou je tedy v tomto místě stejný za běžné teploty i při požáru.

ŘEZ A-A



Obrázek 62 - Profil příčného řezu kleštinou v hraněné části u spoje s krokví za běžné teploty a požáru

Prostý tah

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za běžné teploty
 $N_{Ed} = 5,750 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Větr - příčný - zleva - 2 - cpi} = 0,2$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení
 $N_{G,k} = 2,490 \text{ kN}$
- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení (Sníh - nenavátý)
 $N_{Q,1,k} = 1,390 \text{ kN}$
- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{2,490 + 0 \cdot 1,390}{1,35 \cdot 2,490 + 1,50 \cdot 1,390} = 0,457$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = 5,750 \cdot 0,457 = 2,628 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{t,0,fi,d} = \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{14}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 17,500 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě při požáru

$$A_{fi} = A = 45 \cdot (140 - 17) = 5\,535 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tah rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{2\,628}{5\,535} = 0,475 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\sigma_{t,0,fi,d} = 0,475 \text{ MPa} < f_{t,0,fi,d} = 17,5 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Prostý tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za běžné teploty

$$N_{Ed} = -8,740 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty
 $N_{G,k} = -3,580 \text{ kN}$
- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (sníh nenavátý)
 $N_{Q,1,k} = -1,840 \text{ kN}$
- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-3,580 + 0,2 \cdot (-1,840)}{1,35 \cdot (-3,580) + 1,50 \cdot (-1,840)} = 0,520$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za požáru
 $N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -8,740 \cdot 0,520 = -4,545 \text{ kN}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel za požáru
 $k_{mod,fi} = 1,0$
- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo
 $k_{fi} = 1,25$
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě za požáru
 $A_{fi} = A = 140 \cdot 45 = 6\,300 \text{ mm}^2$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-4\,545}{6\,300} = -0,721 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$|\sigma_{c,0,fi,d}| = 0,721 \text{ MPa} < f_{c,0,fi,d} = 26,250 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y za běžné teploty

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z za běžné teploty

$$V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z od stálých zatížení za běžné teploty

$$V_{z,G,k} = 0,170 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty

$$V_{z,Q,1,k} = 0 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{V_{z,G,k} + \psi_{fi} \cdot V_{z,Q,1,k}}{\gamma_G \cdot V_{z,G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot V_{z,Q,1,k}} = \frac{0,170 + 0,2 \cdot 0}{1,35 \cdot 0,170 + 1,50 \cdot 0} = 0,741$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z za požáru

$$V_{z,fi,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \eta_{fi} = 0,230 \cdot 0,741 = 0,170 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel za požáru

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost ve smyku za požáru

$$f_{v,fi,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{2,5}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 3,125 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha oddělené části průřezu za požáru

$$A_{y,oddělená,fi} = A_{y,oddělená} = 45 \cdot \left(70 - \frac{17}{2}\right) = 2\,768 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenost těžiště oddělené části průřezu od těžiště celkového průřezu za požáru

$$z_{fi} = z = 43,5 \text{ mm}$$

- Statický moment oddělené části poloviny průřezu za požáru

$$S_{y,fi} = S_y = A_{oddělená,y} \cdot z = 2\,768 \cdot 43,5 = 0,120 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Moment setrvačnosti k ose y za požáru

$$I_{y,fi} = I_y = 10,272 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

- Smykové napětí za požáru

$$\tau_{xz,fi,d} = \frac{V_{z,fi,Ed} \cdot S_{y,fi}}{I_{y,fi} \cdot b_{fi}} = \frac{170 \cdot 0,120 \cdot 10^6}{10,272 \cdot 10^6 \cdot 45} = 0,044 \text{ MPa}$$

- Posudek

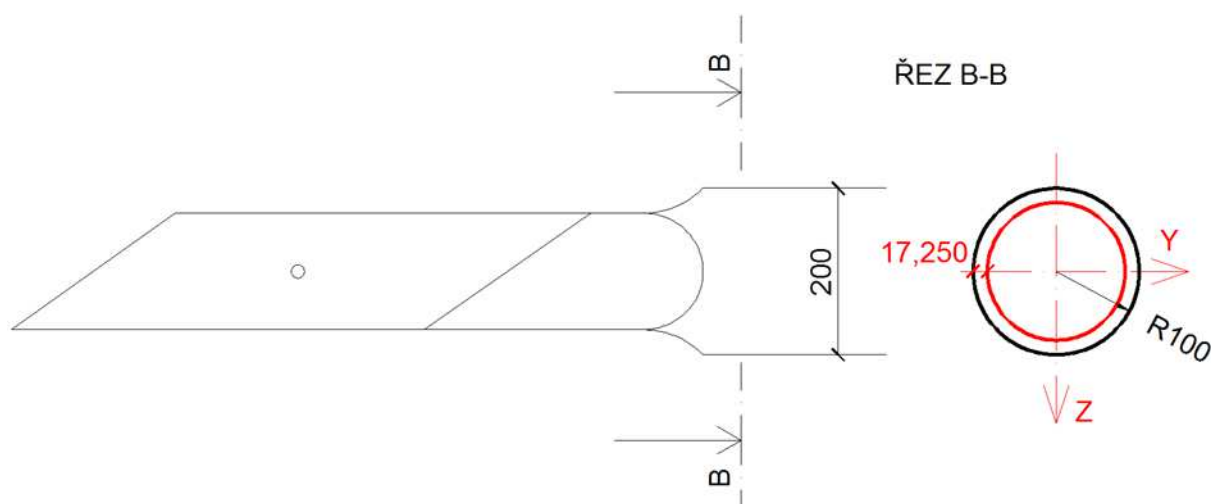
$$\tau_{xz,fi,d} = 0,044 \text{ MPa} < f_{v,fi,d} = 3,125 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B

Prostý tah a prostý tlak

Velikost průřezové plochy v řezu B-B je větší než v řezu A-A a tahová s tlakovou silou mají konstantní průběh po celé délce kleštiny, stačí tedy na tah a prostý tlak posoudit pouze řez A-A.

Posouzení na smyk



Obrázek 63 - Profil příčného řezu kleštinou v nehraněné části mezi spoji s krokve

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y za běžné teploty
 $V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z za běžné teploty
 $V_{z,Ed} = 0,230 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z od stálých zatížení za běžné teploty

$$V_{z,G,k} = 0,170 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (sníh nenavátý)

$$V_{z,Q,1,k} = 0 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{V_{z,G,k} + \psi_{fi} \cdot V_{z,Q,1,k}}{\gamma_G \cdot V_{z,G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot V_{z,Q,1,k}} = \frac{0,170 + 0,2 \cdot 0}{1,35 \cdot 0,170 + 1,50 \cdot 0} = 0,741$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z za požáru

$$V_{z,fi,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \eta_{fi} = 0,230 \cdot 0,741 = 0,170 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel za požáru

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost ve smyku za požáru

$$f_{v,fi,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{2,5}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 3,125 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha oddělené části průřezu za požáru

$$A_{y,oddělená,fi} = 10\,756 \text{ mm}^2$$

- Vzdálenost těžiště oddělené části průřezu od těžiště celkového průřezu za požáru

$$z_{fi} = 35,120 \text{ mm}$$

- Statický moment oddělené části poloviny průřezu za požáru

$$S_{y,fi} = A_{y,oddělená,fi} \cdot z_{fi} = 10\,756 \cdot 35,120 = 0,378 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Moment setrvačnosti k ose y za požáru

$$I_{y,fi} = 36,827 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

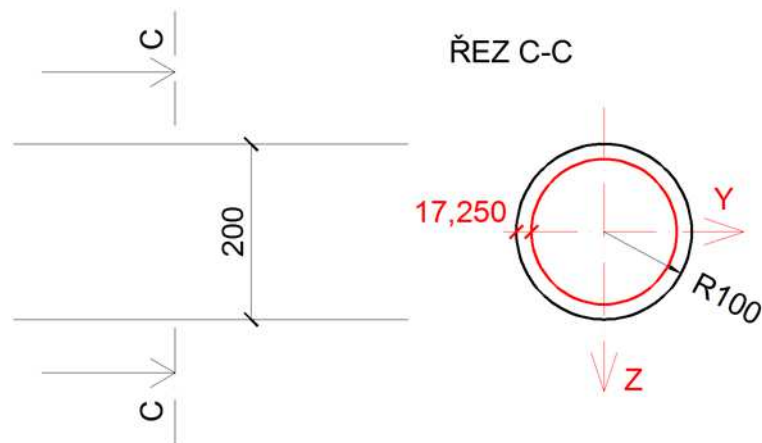
- Smykové napětí za požáru

$$\tau_{xz,fi,d} = \frac{V_{z,fi,Ed} \cdot S_{y,fi}}{I_{y,fi} \cdot b_{fi}} = \frac{170 \cdot 0,378 \cdot 10^6}{36,827 \cdot 10^6 \cdot 165,500} = 0,011 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,fi,d} = 0,011 \text{ MPa} < f_{v,fi,d} = 3,125 \text{ MPa} \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

c) Řez C-C



Obrázek 64 - Profil příčného řezu kleštinou v nehraněné části mezi spoji s krokve

Prostý tah

Velikost průřezové plochy v řezu C-C je větší než v řezu A-A a tahová síla má konstantní průběh po celé délce kleštiny, stačí tedy na tah posoudit pouze řez A-A.

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za běžné teploty

$$N_{Ed} = -8,740 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
 $\text{v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
 $\text{skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty
 $N_{G,k} = -3,580 \text{ kN}$
- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (sníh nenavátý)
 $N_{Q,1,k} = -1,840 \text{ kN}$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-3,580 + 0,2 \cdot (-1,840)}{1,35 \cdot (-3,580) + 1,50 \cdot (-1,840)} = 0,520$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tahové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -8,740 \cdot 0,520 = -4,545 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel za požáru

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu za požáru

$$A_{fi} = 21\,512 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$I_{y,fi} = I_{z,fi} = 36,827 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměry setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$i_{y,fi} = i_{z,fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{36,827 \cdot 10^6}{21\,512}} = 41,375 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k osám y a z za požáru

$$L_{cr,y,fi} = L_{cr,z,fi} = 3\,185 \text{ mm}$$

- Štíhlost k osám y a z za požáru

$$\lambda_{y,fi} = \lambda_{z,fi} = \frac{L_{cr,y,fi}}{i_{y,fi}} = \frac{3\,185}{41,375} = 76,978$$

- Relativní štíhlost k osám y a z za požáru

$$\lambda_{rel,y,fi} = \lambda_{rel,z,fi} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{76,978}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 1,305$$

- Součinitel k k osám y a z za požáru

$$\begin{aligned} k_{y,fi} = k_{z,fi} &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,y,fi}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,305 - 0,3) + 1,305^2] = 1,452 \end{aligned}$$

- Součinitel vzpěrnosti k_c k osám y a z za požáru

$$k_{c,y,fi} = k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{rel,y,fi}^2}} = \frac{1}{1,452 + \sqrt{1,452^2 - 1,305^2}} = 0,479$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-4\,545}{21\,512} = -0,211 \text{ MPa}$$

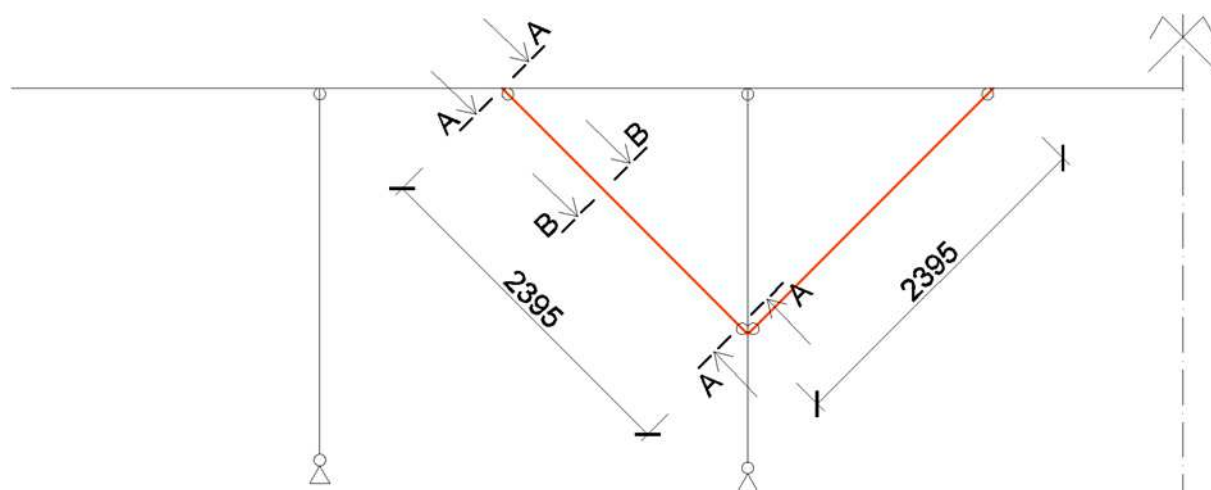
- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,fi,d}|}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,fi,d}} = \frac{0,211}{0,479 \cdot 26,250} = 0,017 < 1 \rightarrow \text{KLEŠTINA VYHOVUJE}$$

Smyk

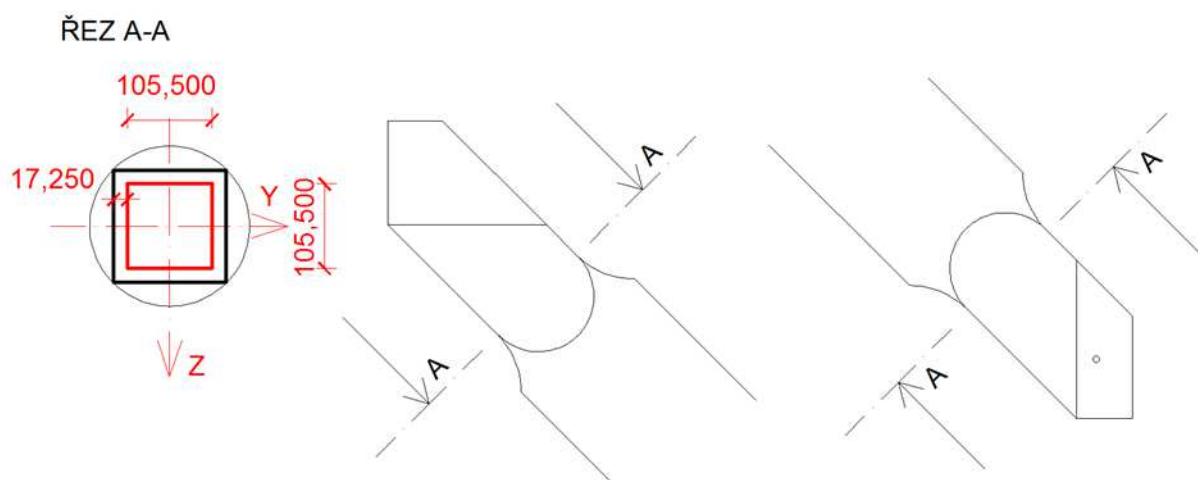
Ve středu rozpětí je velikost posouvající síly nulová, smykové posouzení se neprovádí.

7.4 Pásek



Obrázek 65 - Statické schéma pásků

a) Řez A-A



Obrázek 66 - Detail úpravy konce pásku v místě spoje s vaznicí

Prostý tlak

Prostý tlak je posouzen v místě s nejmenší průřezovou plochou sloupku, to je v místě napojení sloupku na vaznici.

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za běžné teploty

$$N_{Ed} = -16,280 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 2 - \text{cpi} = -0,3$$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty

$$N_{G,k} = -7,260 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (Sníh - navátý zleva)

$$N_{Q,1,k} = -3,650 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-7,260 + 0,2 \cdot (-3,650)}{1,35 \cdot (-7,260) + 1,50 \cdot (-3,650)} = 0,523$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -16,280 \cdot 0,523 = -8,514 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha za požáru

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 105,5 \cdot 105,5 = 11\,130 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-8\,514}{11\,130} = -0,765 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$|\sigma_{c,0,fi,d}| = 0,765 \text{ MPa} < f_{c,0,fi,d} = 26,250 \text{ MPa} \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou y za běžné teploty

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžně s osou z za běžné teploty

$$V_{z,Ed} = 0,100 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu}$$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty

$$V_{z,G,k} = -0,080 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (sníh nenavátý)

$$V_{z,Q,1,k} = 0 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{V_{z,G,k} + \psi_{fi} \cdot V_{z,Q,1,k}}{\gamma_G \cdot V_{z,G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot V_{z,Q,1,k}} = \frac{-0,080 + 0,2 \cdot 0}{1,35 \cdot (-0,080) + 1,50 \cdot 0} = 0,741$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžné s osou z za požáru

$$V_{z,fi,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \eta_{fi} = 0,100 \cdot 0,741 = 0,074 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,fi,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod,fi} \cdot k_{fi} = \frac{2,5}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 3,125 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Statický moment oddělené části poloviny průřezu za požáru

$$S_{y,fi} = b_{fi} \cdot \frac{h_{fi}}{2} \cdot \frac{h_{fi}}{4} = 105,5 \cdot \frac{105,5}{2} \cdot \frac{105,5}{4} = 0,147 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- Moment setrvačnosti k ose y za požáru

$$I_{y,fi} = \frac{1}{12} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^3 = \frac{1}{12} \cdot 105,5 \cdot 105,5^3 = 10,324 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Posouzení

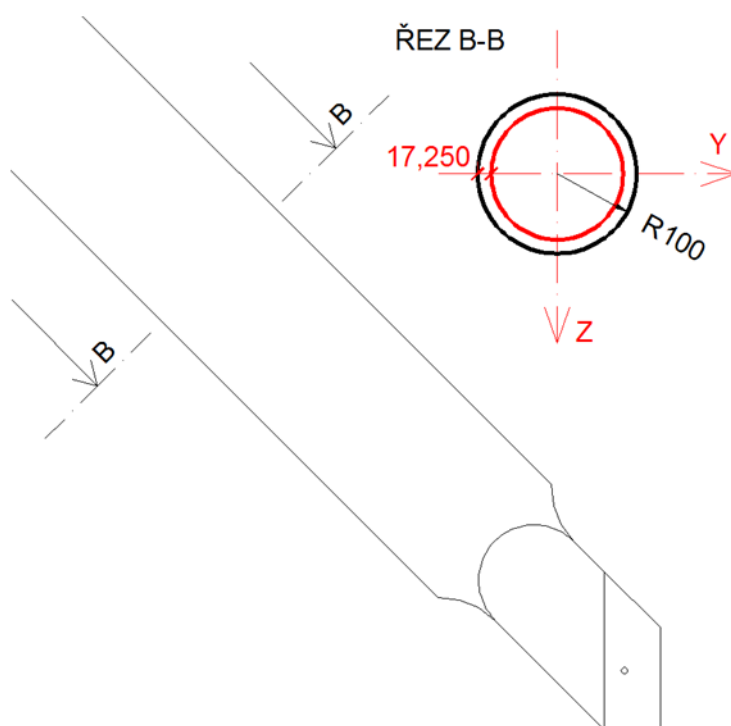
- Smykové napětí za požáru

$$\tau_{xz,fi,d} = \frac{V_{z,fi,Ed} \cdot S_{y,fi}}{I_{y,fi} \cdot b_{fi}} = \frac{74 \cdot 0,147 \cdot 10^6}{10,324 \cdot 10^6 \cdot 105,5} = 0,001 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\tau_{xz,fi,d} = 0,001 \text{ MPa} < f_{v,fi,d} = 3,125 \text{ MPa} \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

b) Řez B-B



Obrázek 67 - Profil příčného řezu páskem

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za běžné teploty
 $N_{Ed} = -16,280 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh - navátý zleva} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr - příčný - zleva} - 2 - c_{pi} = -0,3$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty
 $N_{G,k} = -7,260 \text{ kN}$

- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (Sníh - navátý zleva)

$$N_{Q,1,k} = -3,650 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-7,260 + 0,2 \cdot (-3,650)}{1,35 \cdot (-7,260) + 1,50 \cdot (-3,650)} = 0,523$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -16,280 \cdot 0,523 = -8,514 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny za běžné teploty

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu za požáru

$$A_{fi} = \pi \cdot (r - d_{ef})^2 = \pi \cdot (100 - 17,250)^2 = 21\,512 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$I_{y,fi} = I_{z,fi} = 36,827 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměry setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$i_{y,fi} = i_{z,fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{36,827 \cdot 10^6}{21\,512}} = 41,375 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k osám y a z za požáru

$$L_{cr,y,fi} = L_{cr,z,fi} = 2\,395 \text{ mm}$$

- Štíhlost k osám y a z za požáru

$$\lambda_{y,fi} = \lambda_{z,fi} = \frac{L_{cr,y,fi}}{i_{y,fi}} = \frac{2\,395}{41,375} = 57,885$$

- Relativní štíhlost k osám y za požáru

$$\lambda_{rel,y,fi} = \lambda_{rel,z,fi} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{57,885}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 0,982$$

- Součinitel k k osám y a z za požáru

$$\begin{aligned} k_{y,fi} = k_{z,fi} &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,y,fi}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,982 - 0,3) + 0,982^2] = 1,050 \end{aligned}$$

- Součinitel vzpěrnosti k_c k osám y a z za požáru

$$k_{c,y,fi} = k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{rel,y,fi}^2}} = \frac{1}{1,050 + \sqrt{1,050^2 - 0,982^2}} = 0,703$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-8\,514}{21\,512} = -0,396 \text{ MPa}$$

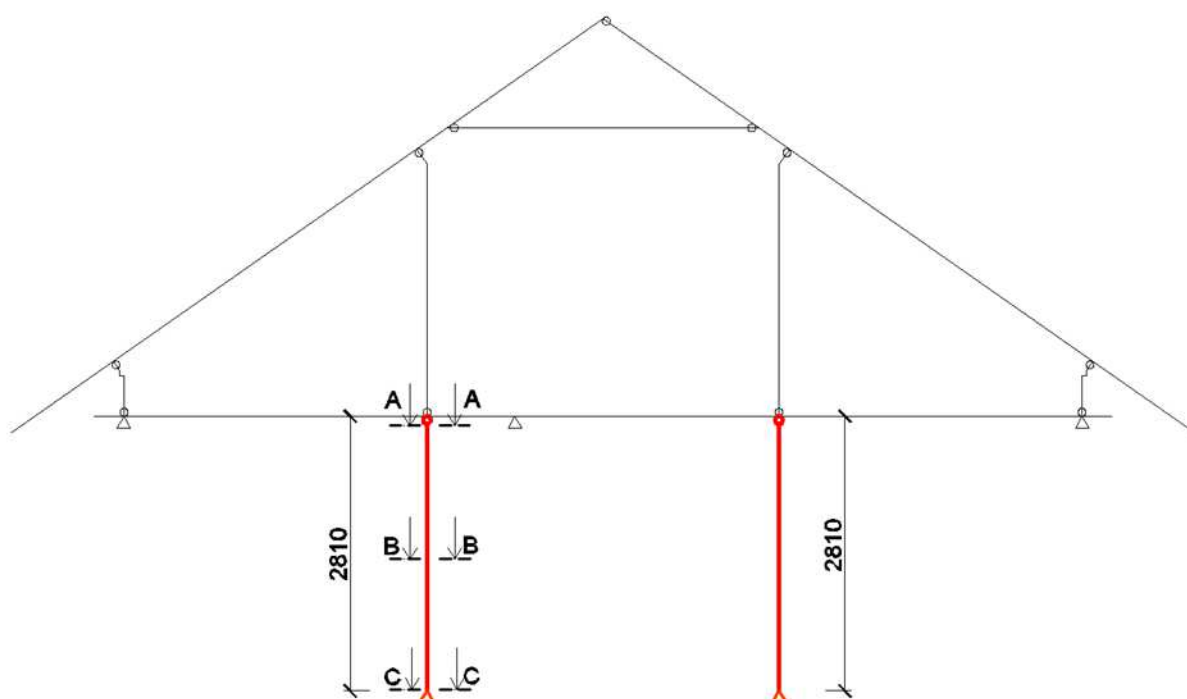
- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,fi,d}|}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,fi,d}} = \frac{0,396}{0,703 \cdot 26,250} = 0,021 < 1 \rightarrow \text{PÁSEK VYHOVUJE}$$

Smyk

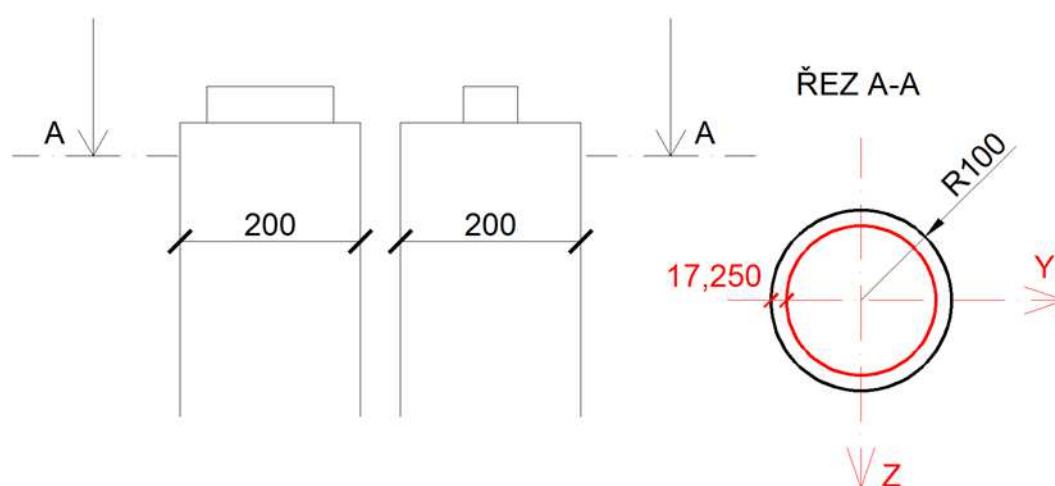
Jelikož jsou v řezu B-B průřezové charakteristiky příznivější a je zde menší posouvající síla proti řezu A-A, stačí posoudit řez A-A.

7.5 Sloup



Obrázek 68 - Statické schéma sloupů

a) Řez A-A



Obrázek 69 - Příčný řez sloupem v místě spoje se stropním trámem

Prostý tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za běžné teploty

$$N_{Ed} = -45,070 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty

$$N_{G,k} = -17,510 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (užitné zatížení na stropě ve podkroví = kategorie A)

$$N_{Q,1,k} = -9,300 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-17,510 + 0,5 \cdot (-9,300)}{1,35 \cdot (-17,510) + 1,50 \cdot (-9,300)} = 0,590$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -45,070 \cdot 0,590 = -26,591 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě

$$A_{fi} = \pi \cdot (r - d_{ef})^2 = \pi \cdot (100 - 17,250)^2 = 21\,512 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-26\,591}{21\,512} = -1,236 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,fi,d}|}{f_{c,0,fi,d}} = \frac{1,142}{26,250} = 0,044 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

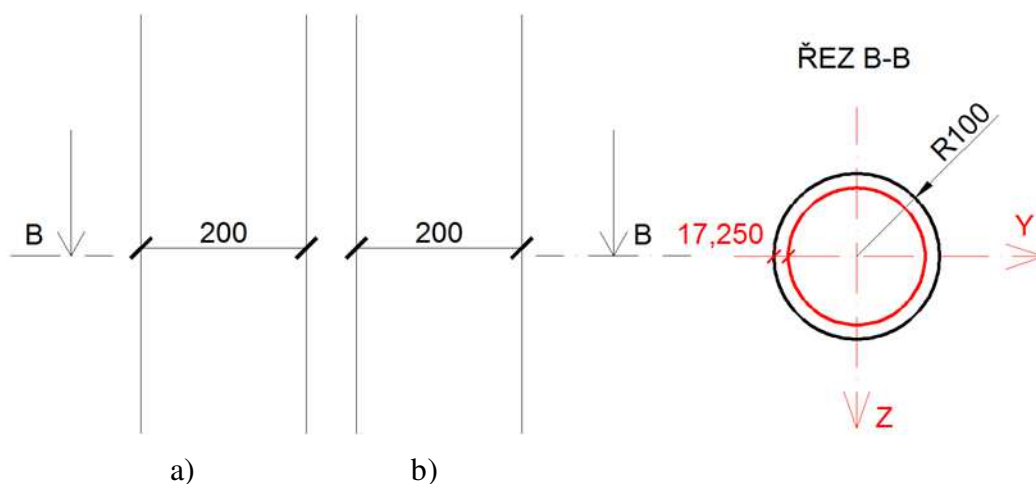
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

b) Řez B-B



Obrázek 70 - Příčný řez sloupem mezi podporami: a) pohled kolmo k ose y, b) pohled kolmo k ose z

Vzpěrný tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za běžné teploty

$$N_{Ed} = -45,480 \text{ kN}$$

- Rozhodující kombinace zatížení

$$1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě v podkroví} + 1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha skladby štítu} + 0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - \text{cpi} = -0,3$$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty

$$N_{G,k} = -17,820 \text{ kN}$$

- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (užitné zatížení na stropě ve podkroví = kategorie A)

$$N_{Q,1,k} = -9,300 \text{ kN}$$

- Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-17,820 + 0,5 \cdot (-9,300)}{1,35 \cdot (-17,820) + 1,50 \cdot (-9,300)} = 0,591$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za požáru

$$N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -45,480 \cdot 0,591 = -26,897 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo

$$k_{fi} = 1,25$$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru

$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

- Pětiprocentní kvantil modulu pružnosti v tahu a tlaku rovnoběžně s vlákny za běžné teploty

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Plocha průřezu za požáru

$$A_{fi} = \pi \cdot (r - d_{ef})^2 = \pi \cdot (100 - 17,250)^2 = 21\,512 \text{ mm}^2$$

- Momenty setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$I_{y,fi} = I_{z,fi} = 36,827 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Poloměry setrvačnosti průřezu k osám y a z za požáru

$$i_{y,fi} = i_{z,fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{36,827 \cdot 10^6}{21\,512}} = 41,375 \text{ mm}$$

Posouzení

- Vzpěrná délka k osám y a z za požáru

$$L_{cr,y,fi} = L_{cr,z,fi} = 2\,810 \text{ mm}$$

- Štíhlosti k osám y a z

$$\lambda_{y,fi} = \lambda_{z,fi} = \frac{L_{cr,y,fi}}{i_{y,fi}} = \frac{2\,810}{41,375} = 67,915$$

- Relativní štíhlosti k osám y a z za požáru

$$\lambda_{rel,y,fi} = \lambda_{rel,z,fi} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{67,915}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7\,400}} = 1,152$$

- Součinitel vzpěrnosti k osám y a z za požáru

$$\begin{aligned} k_{y,fi} = k_{z,fi} &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,y,fi}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,152 - 0,3) + 1,152^2] = 1,248 \end{aligned}$$

- Součinitel vzpěrnosti k_c k osám y a z za požáru

$$k_{c,y,fi} = k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{rel,y,fi}^2}} = \frac{1}{1,248 + \sqrt{1,248^2 - 1,152^2}} = 0,578$$

- Normálová napětí rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-26\,879}{21\,512} = -1,249 \text{ MPa}$$

- Součinitel k_m pro jiné než obdélníkové průřezy

$$k_m = 1,0$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,fi,d}|}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,fi,d}} = \frac{1,249}{0,578 \cdot 26,250} = 0,082 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

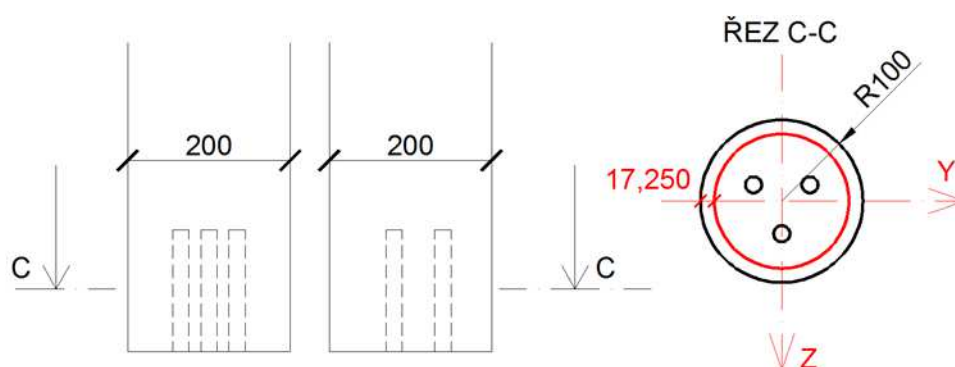
- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

c) Řez C-C



Obrázek 71 - Příčný řez sloupem v místě ukotvení u podlahy

Prostý tlak

Vnitřní síly za běžné teploty

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za běžné teploty
 $N_{Ed} = -46,210 \text{ kN}$
- Rozhodující kombinace zatížení
 $1,35 \cdot \text{Vlastní tíha} + 1,50 \cdot \text{Sníh} - \text{nenavátý} + 1,05 \cdot \text{Užitné zatížení na stropě}$
v podkroví + $1,35 \cdot \text{Tíha střešního pláště} + 1,35 \cdot \text{Tíha stropu nad 1.NP} + 1,35 \cdot \text{Tíha}$
skladby štítu + $0,90 \cdot \text{Vítr} - \text{podélný} - c_{pi} = -0,3$

Redukční součinitel pro návrhové zatížení při požární situaci

- Charakteristická hodnota normálové síly od stálých zatížení za běžné teploty
 $N_{G,k} = -18,140 \text{ kN}$
- Charakteristická hodnota normálové síly od hlavního proměnného zatížení za běžné teploty (užitné zatížení na stropě ve podkroví = kategorie A)
 $N_{Q,1,k} = -9,240 \text{ kN}$
- Redukční součinitel
$$\eta_{fi} = \frac{N_{G,k} + \psi_{fi} \cdot N_{Q,1,k}}{\gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Q,1,k}} = \frac{-18,140 + 0,5 \cdot (-9,240)}{1,35 \cdot (-18,140) + 1,50 \cdot (-9,240)} = 0,593$$

Vnitřní síly za požáru

- Návrhová hodnota tlakové normálové síly za požáru
 $N_{fi,Ed} = N_{Ed} \cdot \eta_{fi} = -46,210 \cdot 0,593 = -27,403 \text{ kN}$

Materiálové charakteristiky

- Modifikační součinitel pro požár
 $k_{mod,fi} = 1,0$
- Součinitel k_{fi} pro rostlé dřevo
 $k_{fi} = 1,25$
- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny za požáru
$$f_{c,0,fi,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{mod} \cdot k_{fi} = \frac{21}{1,0} \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 26,250 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

- Průřezová plocha v oslabeném místě otvory pro trojici závitových tyčí za požáru

$$A_{fi} = \pi \cdot (r - d_{ef})^2 - 3 \cdot \pi \cdot r_o^2 = \pi \cdot (100 - 17,250)^2 - 3 \cdot \pi \cdot 10^2 = 20\,570 \text{ mm}^2$$

Posouzení

- Tlak rovnoběžně s vlákny za požáru

$$\sigma_{c,0,fi,d} = \frac{N_{fi,Ed}}{A_{fi}} = \frac{-27\,403}{20\,570} = -1,332 \text{ MPa}$$

- Posudek

$$\frac{|\sigma_{c,0,fi,d}|}{f_{c,0,fi,d}} = \frac{1,332}{26,250} = 0,051 < 1 \rightarrow \text{SLOUP VYHOVUJE}$$

Smyk

Vnitřní síly

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou y

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

- Návrhová hodnota posouvající síly rovnoběžná s osou z

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

8 Závěr

Cílem diplomové práce je seznámit se s historickými a současnými konstrukčními a dispozičními řešeními srubových staveb, navržení dispozice rodinného domu, navržení a posouzení vybraných konstrukčních prvků na mezní stav únosnosti jednak za běžné teploty, jednak na mezní stav únosnosti za požáru a v poslední řadě taky na mezní stav použitelnosti.

Rodinný dům s půdorysnou plochou všech místností 156 m² má celkem 3 obytné místnosti. Vstup do objektu je orientován na sever, záchod s koupelnou na sever a východ, ložnice na západ, největší místnost, obývací pokoj s kuchyní, má okna umístěna na východní, jižní a západní fasádě. V pracovně v podkroví je denní světlo zajištěno dvěma střešními okny na severní střešní rovině. Pro lepší představu jsou v práci přiloženy obrázky 3D fotovizualizace z programu Archicad.

Celá stavba, od samotných srubových stěn přes nosnou konstrukci stropu po konstrukci krovu, je navržena z frézovaných kulatin s třídou pevnosti dřeva C24. V celé stavbě jsou použity kulatiny o průměrech 200 mm a 300 mm. Z kulatin s průměrem 300 mm jsou vyrobeny stropní trámy, srubové stěny, vaznice, pozednice a krokve. Ostatní konstrukční prvky, mezi které patří sloupy, které podpírají stropní trámy, sloupky v krovu a kleštiny, jsou navrženy z kulatiny průměru 200 mm. Mezi prvky posouzené za běžné teploty byly vybrány sloupy, stropní trámy, sloupky v konstrukci krovu, pásky, kleštiny, vaznice, krokve a nadpražní překladová kláda v průchodu vnitřní srubovou stěnou mezi chodbou a obývacím pokojem s kuchyní. Ze spojů jsou posouzeny za běžné teploty spojení pásků se střešními sloupky a vaznicemi, spojení střešních sloupků se stropními trámy a vaznicemi, spojení stropních trámů s vnitřní a obvodovými stěnami, spojení krokví ve vrcholu a krokví s kleštinami. Posouzení za požáru je provedeno pouze pro kleštiny, pásky a sloupy. U všech těchto posouzených prvků a spojů je zjištěna dostatečná únosnost a na dané kombinace zatížení vyhovují s velkou rezervou v jejich využitelnosti. V mezním stavu použitelnosti jsou posouzeny průhyby krokví, vaznic, stropních trámů a již zmíněné nadpražní překladové klády. Také v mezním stavu použitelnosti všechny tyto vybrané prvky splňují mezní hodnoty stanovené normou.

Dále uvedené prvky a spoje nejsou v diplomové práci posouzeny na žádný z mezních stavů. K těmto prvkům a spojům patří pozednicová kláda a dřevěné prvky štítového roštu,

který slouží jednak k příčnému ztužení stavby, jednak k uložení tepelné izolace a opláštění štítu prkny. Neposouzeným spojem je spoj krokve s pozednicovou kládou a vaznicí.

Vnitřní síly uvažované ve výpočtu jsou vypočteny v programu Scia Engineer na prostorovém modelu konstrukce. Všechny použité zatěžovací stavy, kterými je model zatížen, jsou přehledně uvedeny v tabulce 19 v příloze 3. Model obsahuje konstrukční nelinearitu, která je definována na všech páscích. Touto konstrukční nelinearitou je působení pásků pouze v tlaku.

Skladby štítů, střešního pláště a podlah nejsou převzaty z žádného zdroje. Všechny tyto skladby jsou navrženy autorem diplomové práce na základě doporučených údajů uvedených v podkladech výrobců jednotlivých materiálů, které jsou ve skladbách použity. Skladby stropní konstrukce včetně podlahy nad 1.NP, střešního pláště a štítu jsou uvedeny v tabulkách 20, 21 a 22 v příloze 4. Skladby uvedené v těchto tabulkách jsou graficky znázorněné na obrázcích 82, 83 a 84.

9 Přílohy

9.1 Příloha 1 – použité spojovací prostředky

Svorníky, podložky a matice

Svorníky, podložky a matice [14] jsou použity od firmy Valenta ZT s.r.o. Průměr všech svorníků je 16 mm, délka závitů na každém konci svorníku je 35 mm a jejich pevnost je 4.8. Svorníky jsou pro své atypické rozměry vyrobeny na zakázku. Podložky pod matice jsou zvoleny s označením 18 a s rozměry 18 x 58 x 5 mm. Matice jsou šestihranné typu M16 s rozměry 24 x 26,8 x 13 mm. V celé konstrukci krovu jsou použity svorníky se dvěma různými délkami, jejich délky, celkový počet a umístění v konstrukci krovu je popsáno v tabulce 18. Pro všechny svorníky je počítáno s předvrtanými otvory průměru 17 mm, což je také maximální povolená hodnota pro svorník daného průměru.

Tabulka 18 - Typy použitých svorníků od firmy Valenta ZT s.r.o.

Druh spoje	Délka svorníku [mm]	Celkový počet kusů
Spoj krokví ve vrcholu střechy	280	17
Spoj kleštiny s krokví	360	34

Ocelové hladké kolíky

Ocelové hladké kolíky [15] jsou vybrány od italské firmy Rotho Blaas srl, které jsou dostupné u prodejce DÖRR STŘECHY s.r.o. Kolíky zajišťují spojení pásků se sloupky krovu. V každém tomto spoji je umístěna dvojice kolíků s průměrem 8 mm a délkou 90 mm. Oba kolíky z každé dvojice jsou umísťovány do jednoho otvoru za sebou. Je uvažováno s předvrtáním průměru 8 mm.

9.2 Příloha 2 – 3D vizualizace

3D vizualizace je provedena v programu Archicad 19. Na jednotlivých snímcích jsou zobrazeny vybrané místnosti uvedené v tabulce 1 a tabulce 2.



Obrázek 72 - Vizualizace kuchyně



Obrázek 73 - Vizualizace obývacího pokoje



Obrázek 74 - Vizualizace ložnice



Obrázek 75 - Vizualizace koupelny a záchodu



Obrázek 76 - Vizualizace podkroví



Obrázek 77 - Vizualizace podkroví



Obrázek 78 - Vizualizace - severní pohled



Obrázek 79 - Vizualizace - jižní pohled



Obrázek 80 - Vizualizace - východní pohled



Obrázek 81 - Vizualizace – západní pohled

9.3 Příloha 3 – zatěžovací stavy

Tabulka 19 - Seznam zatěžovacích stavů

označení	popis zatěžovacího stavu	působení
1.	Vlastní tíha hlavní nosné konstrukce	stálé
2.	Tíha skladby stropu nad 1.NP	
3.	Tíha skladby střešního pláště	
4.	Tíha skladby štítu	
5.	Užitné zatížení na střeše (kategorie H)	krátkodobé
6.	Užitné zatížení v pracovně v podkroví (kategorie A)	
7.	Liniové vodorovné zatížení zábradlí v pracovně v podkroví	
8.	Zatížení příčným větrem; směr větru sever → jih; $c_{pi}=0,2$	
9.		
10.		
11.		
12.	Zatížení příčným větrem; směr větru jih → s $c_{pi}=0,2$	
13.		
14.		
15.		
16.	Zatížení příčným větrem; směr větru sever → jih; $c_{pi}=-0,3$	
17.		
18.		
19.		
20.	Zatížení příčným větrem; směr větru jih → s $c_{pi}=-0,3$	
21.		
22.		
23.		
24.	Zatížení podélným větrem; směr větru západ → východ; $c_{pi}= 0,2$	
25.	Zatížení podélným větrem; směr větru západ → východ; $c_{pi}= -0,3$	
26.	Zatížení nenavátým sněhem	
27.	Zatížení sněhem navátým na západní straně střechy	
28.	Zatížení sněhem navátým na východní straně střechy	

9.4 Příloha 4 – skladby konstrukcí

Skladba stropní konstrukce nad 1.NP

Tabulka 20 - Skladba stropní konstrukce nad 1.NP

Číslo vrstvy	Vrstva	Materiál	Popis vrstvy	Plošná hmotnost [kg/m ²]	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Hmotnost kusu [kg/ks]
1	nášlapná vrstva	dřevina dub	palubky FEEL WOOD 15x137 mm olej natur	-	15	1 080	-
2	roznášecí vrstva	OSB 3 P+D	KRONOSPAN 15x2500x625 mm	-	15	-	15
3	separační vrstva	separační folie	-	-	-	-	-
4	roznášecí vrstva	OSB 3 P+D	KRONOSPAN 15x2500x625 mm	-	15	-	15
5	zvuková izolace	kamenná vlna	ROCKWOOL STEPROCK HD	-	30	137,3	-
6	parozábrana	folie	GUTTA FOL WB	0,1	-	-	-
7	záklop z fošen	dřevina smrk	MARUŠÍK HOLZ 200x40x3000 mm	-	40	500	-

Skladba střešního pláště

Tabulka 21 - Skladba střešního pláště

Číslo vrstvy	Vrstva	Materiál	Popis vrstvy	Plošná hmotnost [kg/m ²]	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Hmotnost kusu [kg/ks]
1	krytina	dřevina modřín	Alpský dřevěný šindel 500x60x11 mm	11	22	-	-
2	latě	dřevina smrk	40x60 mm	40	-	500	-
3	kontralatě	dřevina smrk	40x60 mm	40	-	500	-
4	hlavní hydroizolace	dřevovláknité desky	HOFATEX 605x2525x52 mm	52	-	260	-
5	tepelná izolace + přídavné krokve	kamenná vlna + dřevina smrk	ROCKWOOL ROCKTON (izolace), přídavné krokve 60x60 mm	60	-	500 (krokve) 49,1 (izolace)	-
6	tepelná izolace + držáky příd. krokví	kamenná vlna + kov	ROCKWOOL ROCKTON (izolace), držáky v os. vzdálenostech 1800 mm, hmotnost držáku výšky 180 mm je 2,4 kg	180	-	49,1 (izolace)	2,4 (držák)
7	parozábrana	těžký asfaltový pás	PASCAL G S4-25 mineral	4	4,5	-	-
8	záklop	dřevina smrk	palubky SECA profil C 28x170 mm, délka 3m	28	-	500	-

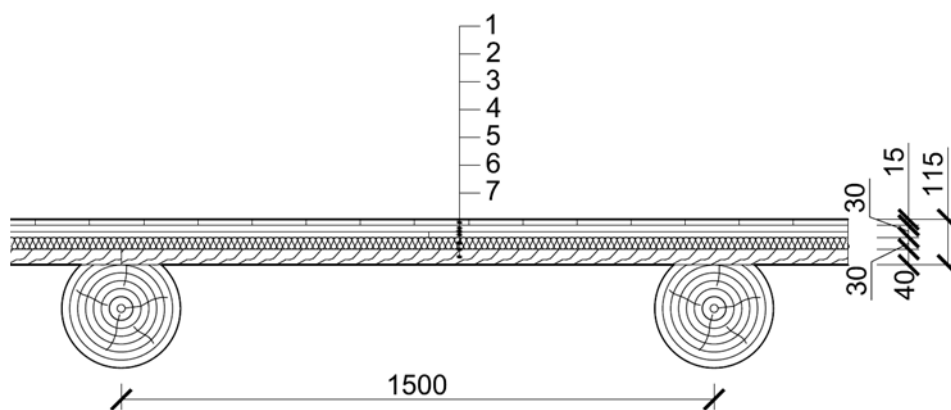
Skladba štítu

Tabulka 22 - Skladba štítu

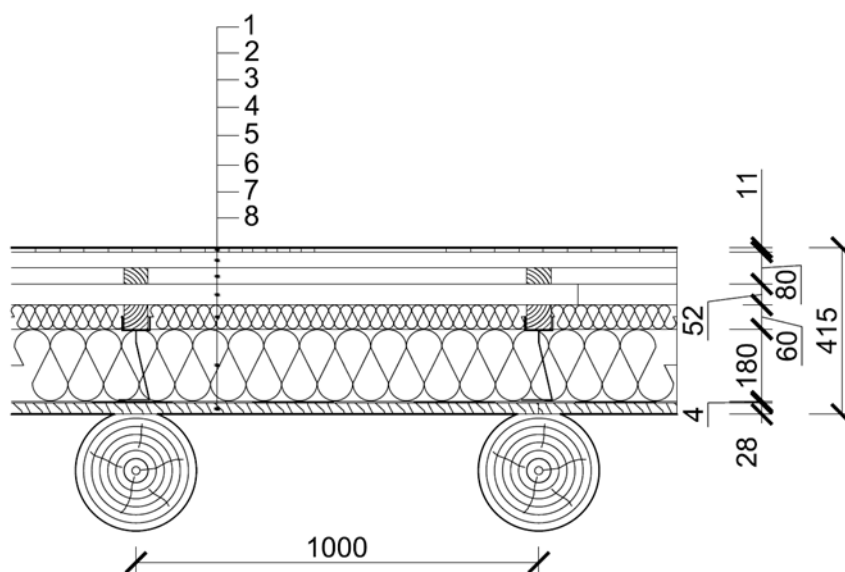
Číslo vrstvy	Vrstva	Materiál	Popis vrstvy	Plošná hmotnost [kg/m ²]	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Hmotnost kusu [kg/ks]
1	vnitřní obklad	smrkové palubky	SECA profil C 19x121 mm	19	-	500	-
2	rošt z latí + tepelná izolace	smrkové latě + kamenná vlna	latě profilu 40x60 mm, kladeny vodorovně, os. vzdálenost 670 mm, izolace ROCKWOOL ROCKTON	40	-	500 (latě) 49,1 (izolace)	-
3	parozábrana	folie	GUTTA FOL WB	-	0,1	-	-
4	tepelná izolace	kamenná vlna	ROCKWOOL AIRROCK ND FB1	100	-	49,1	-
5	vzduchová mezera	-	-	40	-	-	-
6	vnější obklad	dřevina smrk	palubky SECA profil C 19x121 mm	19	-	500	-

Grafické znázornění skladeb konstrukcí

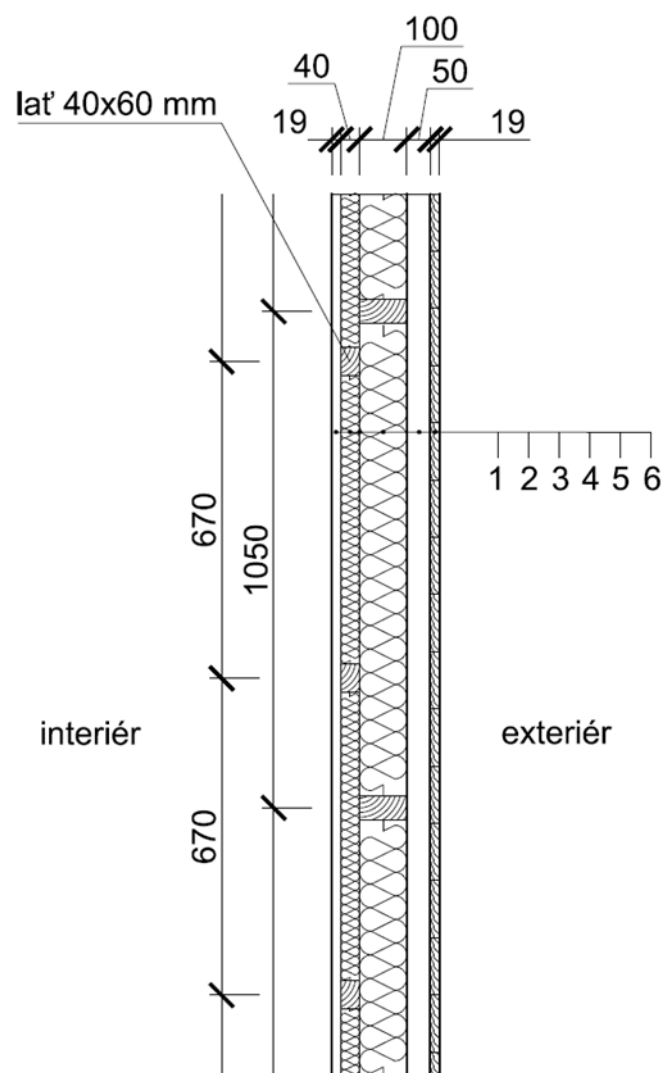
Grafické znázornění skladeb konstrukcí, které jsou uvedeny v tabulkách 20, 21 a 22.



Obrázek 82 - Skladba stropní konstrukce nad 1.NP



Obrázek 83 - Skladba střešního pláště



Obrázek 84 - Skladba štitu

10 Seznam použité literatury

- [1] PEŠTA, Jan. *Rekonstrukce roubených staveb*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3239-8.
- [2] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Český normalizační institut, 2005.
- [3] *Mapa zatížení sněhem na zemi* [online]. [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz/>
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Český normalizační institut, 2004.
- [6] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-2. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Český normalizační institut, prosinec 2006.
- [8] ČSN EN 1995-1-1, ZMĚNA A1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, 2009.
- [9] ČSN EN 1995-1-1, ZMĚNA A2. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, 2015.
- [10] HOUDEK, Dalibor a Otakar KOUDELKA. *Srubové domy z kulatin*. 4. vyd. Vážany nad Litavou: JoshuaCreative, c2011. ISBN 978-80-904414-4-6.

- [11] Technická dokumentace. *SRUBY BOHEMIA* [online]. c2010 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://www.srubybohemia.cz/cz/soubory/>
- [12] BRADÁČOVÁ, Isabela. *Požární bezpečnost staveb: nevýrobní objekty*. 2. aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-86111-77-3.
- [13] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [14] Spojovací materiál - závitové tyče, šrouby, matice, podložky, vruty. *Valenta závitové tyče* [online]. c2016 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://www.valentazt.cz/spojovaci-material.html>
- [15] Hladké kolíky. ROTHOFIXING - *tesařské upevňovací prvky* [online]. c2012 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://www.rothofixing.cz/cs/spojovaci-material/skryte-spoje/spoje-s-konzolami/hladke-koliky/>

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Kristýně Vavrušové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, cenné rady a odborný dohled.